المكتبة الثقافية
٥٩

غزو الفضاء

للدكتور محمد جمال الدين الفندي

وزارة
الثقافة والإرشاد القومي
المؤسسة
المصرية
العامة
للتأليف والترجمة
والطباعة والنشر

١٥ أبريل ١٩٦٢

المكتبة الثقافية

- أول مجموعة من نوعها تحقق اشتراكية الثقافة .
- تيسر لكل قارىء أن يقيم فى بيته مكتبة جامعة تحوى جميع ألوان المعرفة بأقلام أساتذة متخصصين وبقرشين لكل كتاب .
- تصدر مرتين كل شهر . فى أوله وفى منتصفه

الكتاب القادم

الشعر الشعبي العربى

للدكتور حسين نصار

أول مايو ١٩٦٢

الثمن ٢ ص

دار القلم بالقاهرة

قناة الارشاد السياحي على اليوتيوب



قناة الكتاب المسموع



صفحة كتب سياحية و أثرية و تاريخية
على الفيس بوك



مصر - ثقافة

المكتبة الثقافية
٥٩

غزو الفضاء

للدكتور محمد جمال الدين الفندى

وزارة
الثقافة والإرشاد القومى
المؤسسة
المصرية
العامة
للتأليف والترجمة
والطباعة والنشر

١٠ أبريل ١٩٦٢

الناشر



دار القلم

١٨ شارع سوق التوفيقية بالقاهرة

ت ٥٥٠٣٢ — ٧٧٧٤١

بسم الله الرحمن الرحيم

تمهيد

تتركز دراسات الفيزياء فى جامعات العالم ومعاهدها اليوم فى فرعين أساسيين هما : الطبيعة الذرّية ، والطبيعة الجوية ؛ ويتضمن هذا الفرع الأخير دراسات جوّ الأرض العلوى والفضاء الكونى . ولا يكاد يمضى يوم دون أن نسمع خبراً جديداً أو نقرأ تعليقا مثيرا عن آخر مغامرات البشر فى هذين المجالين ، وخصوصا فى مجال غزو الفضاء .

ولقد كان لزاما علىّ أن أجيب فى كتابى هذا على الأسئلة التى وجهت إلىّ من كثير من المواطنين ، وأفسر بعض الظواهر التى أجملتها فى كتابى الأول — الفضاء الكونى — من نفس هذه السلسلة . وكان طبيعيا كذلك أن أعرض كفاح البشر فى هذا الميدان على هيئة قصة لا تخلو فصولها من جمال التسلسل

وحلاوة الإثارة ، رغم ما قد يبدو فيها من تكرار لما ورد في كتابي الأول .

ولم أنس بطبيعة الحال أن أعرض على القارئ أنباء آخر التطورات العلمية وأروع البرامج والمشاريع المقترحة في هذا المضمار .

جمال الفندي



آراء بدائية

بدأت فكرة السّفر عبر الفضاء الكونى منذ بزوغ فجر الحضارة فى صورة أحلام خرافية ، فرضتها على الإنسان طبيعة الكون المجهول من حوله ، وتطلعه إلى كشف غوامضه وحل ألغازه والوقوف على أسراره ، ولو عن طريق مجرد الخيال الخصب والتصوّر العذب .

واستغل نفر من الكتاب والروائيين هذه الفكرة وجعلوا منها مجالا للعديد من القصص والأحاجى المثيرة التى كانت تلقى رواجا عظيما بين عامة الشعوب . وكثيرا ما أطلق أولئك الكتاب لخيالهم العنان فتفننوا فى أوصاف الفضاء المترامى الأطراف وأجرامه والتعليق على الكواكب وما فيها من كائنات تدب على غرار ما هو كائن على الأرض . ولقد ذكر بعضهم أوصاف مخلوقات عجيبة ذات صفات قريبة الشبه بالإنسان ، تهبط من القمر ومن الزهرة تارة ومن المريخ تارة أخرى ، لتعيش بين ظهرانينا هنا على الأرض !

وحتى فى هذا العصر — عصر العلم — تكلم الناس من سنين عن الأطباق الطائرة(١) وشاع الحديث عنها فى كافة الأوساط فى كل الشعوب ، وكانت قد استرعت الأنظار فى أواخر عام ١٩٤٥ ، أى بعد تفجير القنابل الذرية فى الحرب الماضية . ولم يتخذ ظهورها فى السماء الشكل الجدى إلا بعد عام ١٩٤٧ ، أى بعد التفجيرات الذرية فى سلسلة من التجارب الرهيبة التى أجرتها أمريكا وروسيا وانجلترا . ولقد بدأ الحديث عنها فى القارة الأمريكية ، ثم سرى إلى اوروبا وآسيا وافريقيا .

ومن أوائل الأوصاف الدقيقة التى أذيعت فى أمريكا عن أخبار هذه الأطباق ، ما جاء على لسان أحد رجال الأعمال الذى كان مسافرا فى طائرة خاصة عام ١٩٤٧ ، فقد قال : « عندما اقتربت من قمة أحد الجبال العالية لاحظت ما بدا لى كمجموعة من طائرات غير مألوفة تطير فوق الثلوج التى كانت تغطى قمة الجبل كجمع من الأوز تتابع فى انتظام كحلقات سلسلة محكمة ولم أر لها ذيولا ، وهي مسطحة أشبه ما تكون

(١) رصدها الناس منذ القدم ، ووردت الإشارة إليها فى كتب من العهد القديم ، كما شوهدت فى الهند وسجلت أرصادها فى الأساطير .

بالأطباق وتعكس ضوء الشمس كالمرايا تماما ، ولم أر فى حياتى شيئاً يتحرك بمثل سرعتها » .

وافترض بعض الكتاب المعاصرين أن هذه الأطباق ما هى إلا قوات استكشاف جاءت من كوكب قريب مسكون لتسجيل ما يفعله أهل الأرض بعد تفجيرهم للذرة واكتشافهم ذلك السر الرهيب الذى هو سر الأفران الإلهية . فالشمس مثلا — وهى من الأفران الإلهية فى هذا الوجود — سر توهجها منذ القدم هو ما يتم فيها من تفجير ذرات غاز الأيدروجين وتحولها أولا بأول إلى غاز الهليوم . ومن الجائز أن يكون ذلك الكوكب المسكون قد عرف أصحابه الاحتمالات الجهنمية التى تكمن وراء هذا السر الخطير ، ومن ثم رأوا ان من واجبهم نحو حماية انفسهم وحماية سكان الكواكب الأخرى من الأرض وأهلها أن يرسلوا قوات استكشاف ترقب كوكبنا وما يجرى عليه من حادثات .

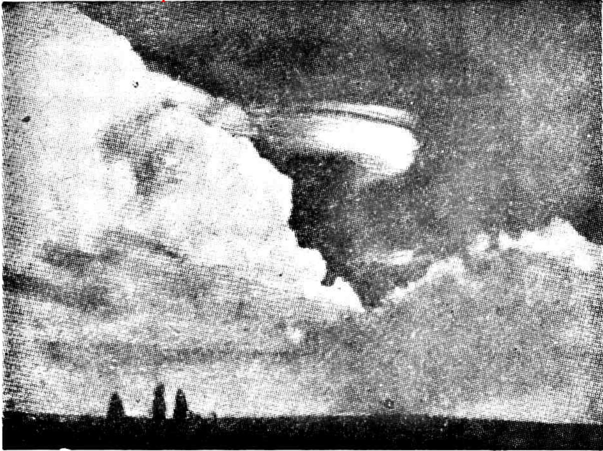
وفى نفس هذا المعنى يقول الأستاذ هيرمان أوبرت أحد خبراء الصواريخ الألمان فى الحرب الأخيرة : إنه يعتقد أن سكان الكواكب الأخرى يرقبون مجرى الحوادث التى نجمت عن تفجير القنابل الذرية على الأرض ، وذلك فى الأطباق

الطائرة التى تهبط إليها ، وأعرب عن اعتقاده بأن أهل تلك الكواكب قد تقدموا كثيرا فى هذا المضمار عن سكان الأرض .

والغالب أن معظم هذه الأطباق الطائرة من السحب النادرة ، فقد لوحظ أن جانبا كبيرا من أوصاف هذه الأطباق إنما ينطبق على اوصاف مثل تلك السحب ومنها السحب العدسية و الدوامية ، خصوصا عندما تعرض ألوانها الخلابة عندما يمر ضوء الشمس خلال إبرها الثلجية . وهى قد توجد منفردة او متراصة ، مما يفسر لنا مجاميع الأطباق الطائرة ؛ وكثيرا ما تبدو السحب الدوامية — شكل (١) — كأنها تلف او تدور حول محاورها بسرعة فائقة .

وقد كتب الكابتن ج . مارى متشل فى مجلة (وِذَرْ) عدد فبراير عام ١٩٥٥ يقول : « كنت أعمل فى السلاح الجوى الأمريكى فى « الاسكا » حيث يكثر ظهور السحب العدسية ، وهي تتخذ أحيانا أشكال الأطباق ، وخاصة لمن ليس لهم خبرة بأعمال الرصد الجوى . وغالباً ما يحدث فيها تكاثف غير منتظم خصوصا فى جوانبها فتبدو كأنما تتحرك فى اتجاهات متباينة بسرعة خارقة » .

ولم تسلم العقائد والديانات القديمة من التأثر بفكرة السفر





شكل (١) سحب دوامية على هيئة الأطباق الطائرة

عبر الفضاء الكونى : فهناك قصة الإسكندر الأكبر الإغريقى الذى كان عظيم الأمل فى زيارة السموات داخل عربة تجرها النسور . ومن قصص الإغريق كذلك ما كتبه لوكيان ساموساتا منذ أكثر من ١٨٠٠ سنة مضت يصف سفينة رفعتها عاصفة هوجاء إلى عنان السماء إلى حيث الجزيرة المضيئة (هى القمر) ، وكذلك ما دونه عن مغامرات شاب علم نفسه الطيران باستخدام جناحين ، احدها جناح نسر والثانى جناح رخ ، طار بهما إلى القمر . إلا أن لوكيان هذا انذر قراءه بأن عليهم عدم التسليم بصحة مثل هذه الأحاجى التى لم يكن ولن يكون فى الإمكان تحقيق ما جاء فيها .

ومن أساطير الإغريق كذلك قصة « إيكاروس » الشاب الذى صنع لنفسه أجنحة من الريش ثبتها على اطرافه بوساطة الشمع ، وكسا جسده كذلك بالريش ، فلما بدا هكذا على هيئة الطير صعد قدما إلى السماء ، حتى إذا ما اقترب من الشمس صهرت حرارتها الشمع وتساقط الريش فهوى إيكاروس إلى البحر حيث لقى حتفه !

ولم يخل القصص الصينى القديم من فكرة السفر عبر الفضاء ، وتدل هذه القصص كلها على الاعتقاد بانتشار الهواء إلى أعماق

الفضاء ، وهو امر يخالف الحقيقة والواقع كما عرفها الإنسان فيما بعد . ونجد أن هذه الفكرة كانت مسيطرة على أذهان الصينيين القدماء الذين آمنوا بأن موطنهم الأصلى هو القمر الذى هبطوا منه إلى الأرض .

ومهما يكن من شيء فإن جماعات وفيرة من البشر كانوا فى تلك العهود البعيدة يعتقدون فى وجود عوالم أخرى غير الأرض ، وربما لم يؤمن أفراد تلك الجماعات بإمكان الوصول إلى تلك العوالم ، إلا أن جانبا كبيرا منهم كان على بينة من امر الكواكب السيارة واعتبروها أجراما سماوية كالأرض سواء بسواء .

وعندما يتقدم بنا التاريخ عَبْر القرون حتى نصل إلى ما يسمى بالعصور المظلمة التى أعقبت سقوط الإمبراطورية الرومانية فى القرن الخامس الميلادى ، واستمرت فى أوروبا حوالى ألف سنة نجد إحجاما تاما فى الغرب عن التعرض لفكرة السّفر عبر الفَضاء الكونى ، وعلة ذلك أن رجال الكنيسة (الذين فرضُوا سيطرتهم على الفكر الإنسانى وقيدوه بأغلال من الرجعية) كانوا يعارضون هذه الفكرة بكل قوة ، فلم يجرؤ أحد من الكتاب أو العلماء على إثارتها . وهكذا مضت أكثر

من ١٤٠٠ سنة بعد موت لوكيان لم يظهر خلالها أى مؤلف يتحدث فيه صاحبه عن إمكان غزو الفضاء الكونى والوصول إلى عالم آخر قريب أو بعيد . وبطبيعة الحال غالبا ما قاد الخيال بعض الأفراد إلى الاعتقاد بوجود عوالم أخرى ، إلا أنه لم يكن فى مقدورهم التعبير عن تلك الآراء أو الجهر بها ، وإلا اتهموا بالزندقة وحق عليهم العذاب أو الإعدام .

اما فى الشرق حيث ازدهرت حضارة العرب فإننا نجد على العكس من ذلك ، لم يصطدم الدين بالعلم . وهذا « عباس ابن فرناس » فى القرن التاسع الميلادى يحاول تقليد الطير من جديد ويعمد إلى تثبيت جناحين طويلين بهما ريش على طول ذراعيه ، ويعتمد عليهما فى القفز من ارتفاع شاهق لكى يصل إلى الأرض طائرا ، إلا انه لا يسعفه الحظ ويصاب بكسور فى هيكله العظمى تقضى عليه وتضع حداً لمحاولاته هذه .

والكتاب الوحيد الذى نادى بالتفكير فى أركان السماء وأجرامه والتأمل فيها وفى اسرارها خلال هذه الفترة كلها ، هو القرآن الكريم . ولقد نبّه القرآن إلى أمر اتساع الآفاق خارج نطاق الأرض ، كما اشار إلى وجود عوالم أخرى نجهلها غير عالمنا . والقرآن إذ يسبق ركب العلم فى هذا الميدان بعشرات

القرون نجده يذكر إمكان نشأة الحياة خارج الأرض ، وهو امر لم يصل فيه العلم بعد إلى جواب حاسم ، فهو يقول مثلا فى سورة النحل :

« ولله يسجد ما فى السموات وما فى الأرض من دابة والملائكة وهم لا يستكبرون » .

كما يذكر إمكان خروج الإنسان من نطاق ا ىة الأرض ليصل إلى آفاق أوسع باستخدام سلطان العلم فيقول فى سورة الرحمن :

« يا معشر الجن والإنس إن استطعتم أن تنفذوا من أقطار السموات والأرض فانفذوا ، لا تنفذون إلا بسلطان ، فبأى آلاء ربكما تكذبان . . . » .

ويذكر بعد ذلك جانبا من اهوال الفضاء وما سيعترض سبيل المسافر عبره من معاول الفناء فيقول :

« يرسل عليكما شواظ من نار ونحاس فلا تنتصران » .

عصر النهضة

لما بدا عصر النهضة فى اوربا واطلق العنان للفكر البشرى من جديد، أخذ بعض الكتاب منذ اوائل القرن السابع عشر يذكرون جديًّا إمكان الاتصال بين الأرض وغيرها من الأجرام السماوية، ثم ما لبث ان اتخذ هذا الموضوع الصورة العلمية التى تطلبت البحث والدراسة، إلا أن عدم توفر الحقائق والنظريات العلمية السليمة فى تلك الآونة حال دون اتباع الطريق السليم . فوقع أغلب العلماء فى أخطاء جسيمة مما جعل تلك الخطط الأولى أشبه بالخرافات البدائية التى ذكرنا جانبا منها .

ومن أمثلة ذلك ماذهب إليه الكاتب الفرنسى « جول فيرن » فى إحدى قصصه التى نشرها فى عام ١٨٧٠ باسم « رحلة حول القمر » ، التى وصف فيها مركبة الفضاء فى صورة قنبلة ضخمة ركب داخلها أبطال القصة ، وأطلقت القنبلة من مدفع عظيم جدا موجهة إلى القمر . وكان على الفلكيين حسب تصوره ان يتتبعوا هذه القنبلة بمناظيرهم المكبرة وان يراقبوا خط سيرها حتى لحظة استقرارها على سطح القمر .

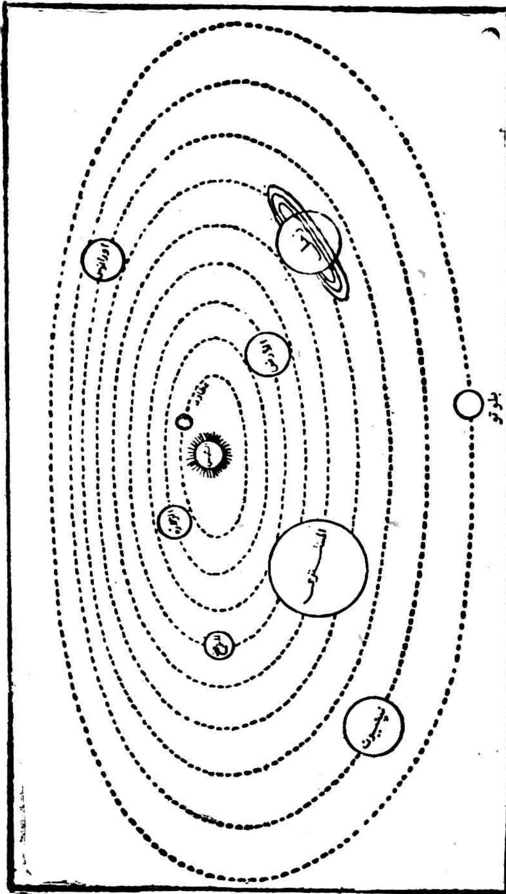
ولما كانت السرعة الابتدائية التى انطلقت بها القذيفة تبلغ زهاء ١٨ كيلومترا فى الثانية ، فقد كان من الممكن ان تتبخر السفينة كلها او بعضها او تتحول إلى سحابة من الجسيمات الدقيقة قبل ان تغادر فوهة ذلك المدفع المنقطع النظير ، وهى على أية حال لا مفر لها من الدمار بين معولين من معاول الفناء : قوى الدفع الهائلة التى تنجم عن انصهار أطنان الديناميت من خلفها ، ثم قوى التضاغط العظيمة التى تحدث فى عمود الهواء الذى تنساب خلاله السفينة . وحتى عندما نسلم جدلا بإمكان نجاح القذيفة فى الخروج سالمة غانمة من فوهة المدفع فإن من فيها لا يسلمون من شدة الصدمة الفجائية التى تحدث باكتساب السفينة سرعتها الخارقة فى زمن وجيز .

إن علة استخدام تلك السرعة الفلكية الخارقة فى ابتداء المرحلة هى ضرورة التغلب على جاذبية الأرض ، فكل جسم يرتفع عن سطح الأرض مارقا إلى الفضاء تعمل الأرض على جذبه إليها او تقلل من سرعته رويدا رويدا . فإذا لم تكن السرعة الابتدائية عظيمة فإن حركة الجسم إلى اعلى تتلاشى ويبدأ فى التساقط ، اما إذا كانت السرعة كبيرة كبرا مناسبا فإنه يستطيع فى النهاية الإفلات من قبضة الأرض بما يتبقى

له من سرعة وبذلك يمكنه الخروج إلى الفضاء ليقع تحت تأثير أجرام سماوية أخرى ، أو حتى لتنفرد به جاذبية الشمس بسبب كبرها النسبي ويصبح بذلك كوكبا صناعيا يدور حول الشمس كما تدور الكواكب السيارة حولها سواء بسواء. ويبين شكل (٢) افراد المجموعة الشمسية.

وبطبيعة الحال لم يكن من السهل الإيمان بمدفع فيرن كوسيلة للوصول إلى القمر ، خصوصا بعد ان قدرت تكاليفه برقم نقول: إنه ربا على تكاليف إحدى حروب القرن العشرين العالمية ! ! ، كما اثبت علماء الطبيعة بالأرقام ان المدفع لا يصلح لتوصيل القذائف إلى القمر ، إلا ان فيرن اصاب المرمى عندما فكر فى تقليل السرعة باستعمال الصواريخ التى تنطلق فى اتجاه مضاد للحركة .

ومن الكتاب الذين عاصروا فيرن وجاءوا بعده ولم يصيبوا المرمى : الكاتب الإنجليزى هـ . ج . ولز ، وكذلك من اساتذة الألمان فى الرياضيات الأستاذ كورد لاسفنز وغيرهما كثير . ونجد فى كتاب ولز (اول الرجال على القمر) الركاب يحملون من سطح الأرض ضد قبضتها او جاذبيتها الكاملة ويرتقون



شكل (٢) أفراد المجموعة الشمسية

باستخدام مادة وهمية من بنات أفكاره أطلق عليها اسم (كافوريت) تخليداً لذكرى مخترعها بطل القصة (كافور)، ومن اعجب خصائص هذه المادة الخيالية مقدرتها الفريدة على تحطيم قوى الجاذبية ... أما كورد فقد افترض أن أهل المريخ أعرق حضارة من أهل الأرض وأغزر منهم علماً مما ساعدهم على عبور الفضاء الكونى متحررين من الجاذبية، وانعدمت أوزان أجسامهم بعد تغليفها بكرات من مادة وهمية كذلك تشبه مادة الكافوريت.

وتجلت بعض الآراء السليمة فى هذا الموضوع فى كتابات الكاتب الإنجليزى جون ولكنز الذى آمن بإمكان السفر عبر الفضاء الكونى، وكانت تتوفر لديه عقلية علمية، فاشترك فى تأسيس (مجمع العلوم الملكى البريطانى)، ونشر كتابا باسم (الكشف عن معالم القمر) حاول فيه إثبات وجود سكان هناك ... وحملت حماسة ولكنز وإيمانه الراسخ بإمكان الوصول إلى القمر فى المستقبل القريب عن طريق الطيران عبر الغلاف الجوى، وشجعت مجمع العلوم البريطانى على الاهتمام بالطيران وآلاته منذ تلك الأيام البعيدة.

والحق ان آثار النهضة العلمية فى أوربا ظهرت على روايات

السّفر إلى الفضاء منذ القرن السابع عشر، وذلك ضمن مجموعة القصص التى نسبت إلى الكاتب الفرنسى «سيرانودى بيرجيراك» سواء كان هذا الكاتب شخصية حقيقية أو خيالية، إذ يعمد البطل فى إحدى هذه القصص إلى تزويد نفسه فى الصباح الباكر بزجاجات مملوءة بقطر الندى، وذلك لكى يصعد إلى السماء عندما تشرق الشمس وتسحب أشعتها معها قطر الندى. وفى قصة أخرى سافر البطل متنقلا عبر أعماق الفضاء داخل مركبة شدت إليها عدة صواريخ. وقد بدأ صندوق بيرجيراك النفاث للناس فى تلك الآونة كإحدى الخرافات، فلم يكونوا قد فهموا بعد مبدأ رد الفعل الذى يعمل به الصاروخ.



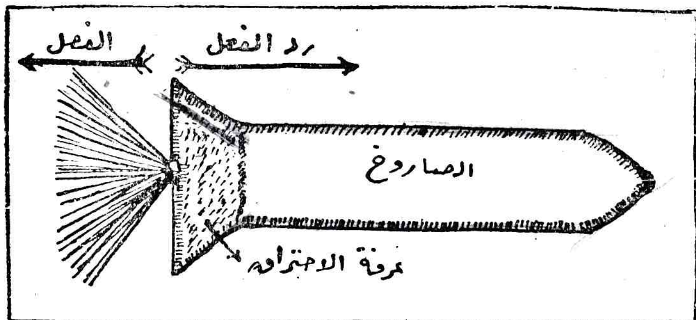
مبدأ رد الفعل

مبدأ رد الفعل فى الحقيقة هو قانون الحركة الثالث الذى صاغه نيوتن بقوله : (لكل فعل رد فعل يساويه فى المقدار ويضاده فى الاتجاه .) فمثلا إذا ما وقف سباح على حافة عوامة حرة الحركة تطفو فوق سطح ماء ساكن تماما واندفع إلى الأمام ليسقط فى الماء ، تتحرك العوامة إلى الخلف برد الفعل . ونحن نعبر عن ذلك بقولنا: إن فعل السباح أو القوة التى يندفع بها من العوامة إلى الأمام تسبب رد فعل على العوامة، أى قوة مساوية تدفع العوامة إلى الخلف . وعندما يطلق شخص رصاصة من مسدسه مثلا تنساب الرصاصة إلى الأمام بينما يرتد المسدس إلى الخلف برد الفعل كذلك . وهكذا يمكن أن نسوق العديد من الأمثلة التى توضح مبدا رد الفعل .

والمثل الذى يهمنا الآن هو الصاروخ الذى يعمل برد الفعل، ورغم أن الإنسان استخدمه من قديم الزمن إلا أن مبدا رد الفعل لم يعرف تماما إلا بعد أن صاغه نيوتن باسم القانون الثالث للحركة . وفى الحقيقة ما الصاروخ الذى يمرق فى الهواء

كالسهم إلا وسيلة أخرى مماثلة للتعبير عن هذا القانون . ولكى نفهم وجه الشبه بين العوامة التى تسبح على سطح الماء والصاروخ الذى ينساب فى الفضاء — علينا أن ننظر إلى الصاروخ نظرتنا إلى عوامة أسطوانية الشكل كبيرة الحجم لها طرف محكم الإغلاق مخروطى أو انسيابى الشكل اما طرفها الآخر فمفتوح ، فإذا ما وقف فريق من السباحين فى صف واحد تلو الآخر مندفعاً إلى الخارج فإن الصاروخ ولاشك سوف ينطلق مندفعا دون توقف فى الاتجاه المضاد .

وفى الواقع نجد أن الصاروخ إنما يندفع بقوة تولدها مواد تتدفق بوفرة وغزارة من فتحة فى مؤخرته ، هذه المواد هى جزيئات من الغاز المتدفق بقوة تحت ضغوط عالية تتولد داخل الصاروخ باشتعال الوقود، كمسحوق البارود مثلا ؛ حيث يتحول المسحوق تدريجياً إلى بلايين بلايين جزيئات الغاز التى تهيم فى غرفة الاحتراق بعنف شديد ضاربة جدرانها بقوة ضغط الغاز المتولد ومحاولة النفاذ إلى الخارج ، وهى لا سبيل لها إلى ذلك إلا عن طريق طرف الصاروخ المفتوح . وبطبيعة الحال ينساب الصاروخ إلى الأمام فى نفس الوقت الذى تنطلق فيه هذه الغازات إلى الخلف على النحو الممثل فى شكل (٣) .



شكل (٣) مبدأ رد الفعل

ورغم أن وزن الجزىء الواحد من الغاز المنبثق لا يعدو كسراً يكاد لا يذكر من الجرام ، أى أن وزنه لاقيمة له بالنسبة إلى وزن الصاروخ ، إلا أن عدد هذه الجزيئات التى تنبثق فى صورة غاز باحتراق الوقود يفوق حدود الوصف والخيال كما أنها تتحرك بسرعة عظيمة جدا ، فإذا ما جمعنا كتلة الجزئيات المنطلقة كلها فى الثانية الواحدة ثم أدخلنا فى حسابنا سرعتها الخارقة حصلنا على قوة كبيرة ذات رد فعل عظيم . وفى لغة علم الصواريخ يقال : إن الغاز المنبثق له سرعة تدفق عالية .

وبطبيعة الحال لاتتولد جزئيات الغاز داخل غرفة الاحتراق هكذا دفعة واحدة ، وإنما يتم تولدها رويدا رويدا باستمرار احتراق الوقود ، وهى بذلك تشبه الصف المستمر من السباحين الذين يقفزون فرداً تلو الآخر .

الصاروخ يظهر قديماً
فى الحروب ثم يختفى

ويقال إن الصينين هم اول من اطلقوا الصواريخ من أجل اللهو والتسلية فى الأفراح والأعياد ، وذلك خلال حكم اسرة « تانج » التى امتد سلطانها من عام ٦١٨ إلى عام ٩٠٧ ميلادية . ومهما يكن من شىء فإنه من المتفق عليه انه فى القرن الثالث عشر صنع الصينيون الصواريخ واستخدموها كسلاح ، وكانوا يعرفون أن خليطا من فحم النبات والكبريت وملح البارود له مزايا الاحتراق بشدة وعنف مع انطلاق غازات وفيرة تحدث من الضغوط ما يكفى لتمزيق الأوعية الحاوية للخليط وتقطيعها إربا ، واطلق على هذا المسحوق اسم « المسحوق المتفجر » . وظل الصينيون يكدسونه بحذر داخل اغلفة او إطارات كروية على غرار الألغام الحديثة ، كما كانوا يستخدمونه فى سلاح الصواريخ التى اسموها « اسهم اللهب الطائرة » .

ولم يكن سهم اللهب الطائر سوى سهم عادى يحمل فى احد

طرفيه أنبوبة مفتوحة من طرف واحد ومحشوة بخليط من « المسحوق المتفجر » . ولم يكن على المحارب الصينى إلا ان يشعل الخليط من داخل الأنبوبة لينطلق السهم فجأة ناشرا لهيبه على مسافة عشر خطوات من حوله . ولقد بدا هذا السلاح كنوع مرعب مخيف خلال تلك الفترة التى كان القتال فيها يدور بالحراب والسيف او القوس والنشاب . وخلال القرن الثالث عشر وصلت انباء هذا المسحوق إلى اوربا من طريق العرب .

وخلال الخمسة القرون التى اعقبت القرن الثالث عشر استخدم الأوربيون الصواريخ فى الأفراح والأعياد ثم فى الحروب على يد « وليام كنجريف » الإنجليزى فى القرن الثامن عشر ، لدرجة انه عندما اخرج « جورج ستفنسن » للناس قاطرته البخارية لتنطلق بسرعة وصلت إلى ما يربو على ثلاثين كيلومترا فى الساعة اعلن مواطن إنجليزى ارهبته تلك السرعة انه ينتظر من الناس ان يعدوا انفسهم للانطلاق على متن صاروخ من صواريخ كنجريف ما داموا قد اطمأنوا إلى تلك الآلة السريعة الحركة واستسلموا إليها ! ! ومن غير ما جلبه اطلق ستفنسن على قاطرته اسم (الصاروخ) وراح

يشق به طريق المجد والثروة . ولم يكن ليدور بذهن أحد في ذلك العصر ان الصاروخ سيصبح وسيلة من وسائل النقل والسفر فى يوم من الأيام .

وعلق احد النقاد من اصدقاء الرجل يقول : « إن اختراع الصواريخ إنما يعجل بالقضاء على الجنس البشرى » . والغالب أن استخدام كنجريف للصواريخ كسلاح إنما جاء عن طريق المعلومات التى جمعها الجنود الإنجليز الذين حاربوا فى الهند خلال ذلك القرن ، فقد صادفوا فى مقاطعة ميسور بالهند سلاحا عجيبا عظيم الفتك كانت تستعمله فرق حيدر على وابنه تيو صاحب ، وقوام ذلك السلاح ماسورة من الحديد طولها نحو ٢٥ سنتيمترا وقطرها نحو ٥ سنتيمترات تقذف من طرف عود من غاب الهند « أو الخيزران » لتنطلق عبر مسافات شاسعة ثم تستقر لتنشر اللهب والنار حيثما تسقط . ولقد أرهبت فرقة قوامها خمسة آلاف رجل بقيادة تيو صاحب الجيش البريطانى باستخدام هذا السلاح وانزلت خسائر فادحة بسلاح الفرسان البريطاني .

وأجرى كنجريف العديد من التجارب وتوصل فى نهايتها إلى زيادة مدى صاروخه إلى حدود ١٥٠٠ متر ، وخلال

تلك الفترة كان فى متناول الدول اكثر من مرجع من الكتب المنشورة فى موضوع صواريخ الأعياد والألعاب ، ولم تعد تلك المعلومات سرا من الأسرار او طلسما من الطلاسم كما كانت من قبل . وحتى عائلة روجيرى ، التى كانت تفاخر بإعجازها فى هذه الصناعات فى إيطاليا وفرنسا والتى اشتهرت بإظهار مهارتها فى صناعة الصواريخ امام الكثير من ملوك اوربا واصحاب تيجانها ، راحت تميط اللثام عن فنونها وتكشف اسرار صناعتها . ونشر كلود — فوتينى روجيرى كتابه « مبادئ صناعة الصواريخ » عام ١٨٠١ .

وعندما حاصر الإنجليز كوبنهاجن اثناء حروبهم مع نابليون احرقوها بصواريخ كنجريف ، ولم يكن فى مقدورهم حسن تصويبها ، وكثيرا ما كانت تنساق مع الرياح لدرجة ان ولنجتون اعلن يقول : « لا اريد ان احرق المدن ، وإنى لا أعرف فائدة أخرى للصواريخ » ! وفى اوائل القرن التاسع عشر عاد الإنجليز فاحرقوا بصواريخهم البيت الأبيض خلال حروبهم فى امريكا واحتلوا واشنجتون .

وفى عام ١٨٢٦ نقل كنجريف عن احد خبراء الصواريخ المدعو « فريزنى » فكرة الجمع بين عدة صواريخ معا بحيث

تتصل رأس الصاروخ الأول بقاعدة الصاروخ الثانى ، وعندما يتم احتراق الصاروخ الأول تعمل آخر أجزاء راسه على إشعال قاعدة الصاروخ الثانى ، وبذلك تضاف قوة جديدة للمجموعة الباقية تدفع بها إلى مسافة أخرى . وهكذا نرى ان هذه الفكرة التى نطلق عليها اليوم اسم (تعدد المراحل) والتى يركز عليها الخبراء جهودهم فى الوصول إلي الفضاء الكونى ، ليست هى فى الواقع وليدة هذا العصر فقد ذكرها فوتينى . وحتى فى عام ١٥٩١ نشر احد خبراء الألعاب النارية فى نورمبورج — ويدعى جوان ممدلاب — وصفا كاملا لتركيبات صاروخ مثير متعدد المراحل يتكون من صاروخ صغير مثبت داخل راس آخر أكبر منه . ويعتبر هذا أول وصف ذكر في التاريخ لما نسميه اليوم « الصاروخ متعدد المراحل » .

وفى هذا العصر الذى عرف فيه الإنسان الشيء الكثير عن اسرار الغلاف الهوائى، واستطاع أن يحل العديد من مسائل الحركة المعقدة ، رأى ان تعدد المراحل ما هو فى الواقع إلا وسيلة لنجاح محرك الصاروخ او تحويل اغلب طاقة الوقود إلى طاقة حركة ، وذلك عندما تصل سرعة انطلاق الصاروخ إلى حدود سرعة إنبثاق الغازات من محركه او من الوقود .

ومهما يكن من شيء فإن القرن التاسع عشر شهد عدة استعمالات أخرى قيمة للصواريخ ، منها استخدامها فى حمل الأضواء الكاشفة إلى اعالى الجو من أجل الكشف عن مواقع العدو اثناء الليل ، ومنها استخدامها فى إعطاء الإشارات وتوصيل حبال النجاة من أجل إنقاذ السفن فى البحر . وشاعت هذه الاستعمالات حتى إنه قبل نهاية هذا القرن بمدة طويلة عادت اغلب الدول لا تفكر في الصواريخ كسلاح حربى ، ثم ارتدت فنونها إلى أيدى صانعى اللعب ، واعتاد الناس من جديد ان يفهموا من كلمة صاروخ تلك اللعبة التى لا تحمل بين ثناياها معانى الدمار . ولم يستخدم الصاروخ كسلاح حربى بعد ذلك حتى فى الحرب العالمية الأولى .



الصاروخ الحربي يظهر من جديد

استدعت النهضة العلمية الوثابة فى اواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين إعادة النظر فى الصواريخ والإمكانيات التى تكمن تحتها، وسريعا ما تبين للعلماء أن الصاروخ دون سواه هو العدة التى يمكن بها توفير القوى اللازمة للسبح فى أعالى الجو والفضاء! فهو اولا وقبل كل شيء لا يحتاج إلى وسط مادي ينساب فيه أو يحتك به، كما هو الحال فى القاطرات أو السيارات، أو حتى الطائرات التى تتطلب على الترتيب توفر القضبان الحديدية او الطرق المعبدة أو الغلاف الهوائى، وإنما يعمل بمبدا رد الفعل الذى تكلمنا عنه. وهو من ناحية أخرى يحمل معه طاقته المحركة وكذلك الأوكسيجين اللازم لاحتراق وقوده.

وظهرت أولى الدراسات النظرية السليمة من الوجهة العملية فى هذا الصدد على يد معلم روسى يدعى قسطنطين أدواردوفتش زيولكوفسكى الذى استخدم فى دراساته ما توفر لديه من علوم الرياضة والطبيعة والكيمياء، وكان يعرف ان المحرك الصاروخى او محرك رد الفعل لا يعمل عن طريق ضغوط الغازات المنبثقة

على الوسط ، وإنما يتوقف عمله على مجرد رد الفعل سواء عند الانطلاق خلال الغلاف الهوائى او فى الفضاء الكونى .

وتوصل زيولكوفسكى هذا بالحساب إلى الجزم بأن الوقود الجاف — كالبارود مثلا — لا تصل سرعة انبثاق غازاته إلى المدى المطلوب لحمل سفن الفضاء مهما بلغ ذلك الوقود من الجودة . وقد كان يجرى اختباراته على الوقود بطرق رياضية وحسابات مبنية على خواص مركباته ، واستطاع أن يحسب نظريا مدى طاقة اى وقود وان يقدر سرعة انبثاق الغازات التى تتولد باحتراق هذا الوقود ، وهكذا ادرك فى عام ١٨٩٨ أنه لاسبيل لنجاح الصواريخ — فى مراحل انطلاقاتها الأولى على الأقل — إلا إذا كان وقودها سائلا ، واقترح بالفعل وقوداً سائلا من مشتقات زيت البترول ربما كان هو الكيروسين المعروف .

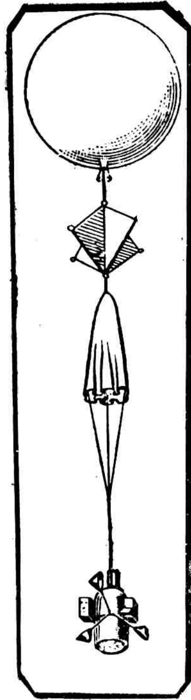
وعندما قامت الثورة الروسية فى اعقاب الحرب العالمية الأولى شجعت زيولكوفسكى على المضى قدما فى أبحاثه ودراساته ، فنشر كتابه « بعيداً عن الأرض » الذى ضمنه آراءه وكثيراً من احاجى اسفار الفضاء وقصصه الخيالية الجذابة . وترجم الكتاب إلى عدة لغات لفائدة أفراد وفئات عديدة كانت تهتم

بهذا الموضوع فى بعض بلدان اوربا ، من امثال هرمان اوبرت فى المانيا ، والدكتور روبرت ه. جودارد فى امريكا وجماعة المجمع الجرمانى للسفر عبر الفضاء الكونى ...

وكان الغرض الأساسى من استخدام الصواريخ حتى ذلك العهد قاصراً على الاستفادة منها فى دراسات جو الأرض العلوى ، إذ تطلب عصر الطيران فى اوائل القرن العشرين بحوثا مستفيضة عن الغلاف الهوائى وتياراته المختلفة . ولهذا ظهرت فى امريكا فى عام ١٩١٩ رسالة علمية باسم روبرت هتشنجز جودارد بعنوان « وسيلة للوصول إلى اقصى الارتفاعات » . والحق يقال : لم يكن ذلك العنوان الصريح لمجرد الدعاية ، وإنما عالج صاحب الرسالة مسألة استخدام الصواريخ كمركبات لجمع الأرصاد من طبقات الجو العلوى التى لا تصلها بالونات الرصد الجوى ، مثل ١٠٠ — ٢٠٠ ميلا .

وفى ذلك الوقت لم يكن أقصى ارتفاع وصلت إليه تلك البالونات يزيد على ١٩ ميلا ، ومنها ما كان يحمل آلات تسجيل عناصر الجو مثل درجة الحرارة والضغط والرطوبة ونحوها — شكل (٤) .

ومن اهم ما جاء في تلك الرسالة من الوجهة التاريخية اقتراح



شكل (٤) البالون يحمل أجهزة الرصد

إرسال مسحوق المغنسيوم الذى يمكنه ان يلتهب بمجرد اصطدام الصاروخ بسطح القمر إذا قدر له الوصول إليه ، على أمل ان ترصد تلك الظاهرة من الأرض فى ابتداء الشهر العربى

(القمرى) إذا ما تتبعه العلماء بوساطة مناظيرهم المكبرة من المراصد الفلكية . وقد تعرّض الرجل من جراء هذا الرأى لكثير من النقد والسخرية .

وفى عام ١٩٢٣ نشر « هرمان اوبرت » — وهو رومانى تجنس بالجنسية الألمانية فى اوائل الحرب العالمية الثانية — فى ألمانيا كتابا عن الصواريخ وغزو الفضاء ، وكان على اتصال بجودارد الذى كان منهمكا في تجربة اول محرك نفاث يعمل بالوقود السائل . وحبّذ اوبرت فى كتابه هذا استخدام الوقود السائل فى مسائل الجو العلوى ، وذكر ان مثل هذا الوقود الذى يحمله الصاروخ يمكن ان يستخدم فى تبريد غرفة الاحتراق ودرء التلف والضرر الذى ينجم من جراء الحرارات العالية التى يولدها الاحتراق . وبانتشار كتابه فى الأسواق اكتسب سمعة عالمية كأول من نادى بهذه الآراء السليمة . واشرف على بناء إحدى سفن الفضاء التى استخدمت فى رواية « بنت القمر » التى كتبها ذى فونهاربو واخرجها فروتزلانج .

وفى طبعة ثانية لهذا الكتاب ذكر أوبرت الصاروخ الذى يمكن ان يحمل آلات الرصد الجوى إلى طبقات الجو العليا ، كما رسم صورة هذا الصاروخ ، وشرح اجزاء سفينة الفضاء ،

وذكر إحدى محطات الفضاء التي يمكن ان تدور حول الأرض من اجل استغلالها في أعمال الرصد الجوى المستمر، إلى جانب الاستفادة منها كمخزن يمكن أن يمد الصواريخ بالوقود اللازم لها قبل إقلاعها إلى أعماق الفضاء، وذلك لأن جزءا كبيرا من الوقود إنما يستنفد في الصعود خلال الطبقات السطحية من جو الأرض وضد جاذبيتها الكاملة.

ولم يهتم احد بامر محطة فضاء أوبرت ومر الناس عليها مر الكرام، وانحصر الاهتمام حول سفن الفضاء وحلله المختلفة التي يلبسها المسافرون والعمال. واتصل بالرجل شاب طموح من مصنفي القصص العلمي يقال له « ماكس فالير » الذي طبع كتاب أوبرت بعد أن أورد حساباته وتقديراته الرياضية تحت الهامش ونصح القارىء بعدم الرجوع إليها أو بعدم إضاعة الوقت فيها! وذلك كله من أجل أن يجتذب أكبر عدد ممكن من القراء العاديين. وقد أطلق على كتابه المنقح اسم « اقتحام الفراغ الكوني ».

وقامت جماعة من القراء لهذه الكتب كلها أو بعضها بتأليف رابطة لغرض الاهتمام بمسائل الفضاء، وأطلقوا على أنفسهم اسم (جماعة السفر عبر الفضاء الكوني)، غير أنها سميت بعد ذلك

باسم « جماعة ف . ف . ر . » او المجمع الجرمانى للسفر عبر الفضاء الكونى ، وانتخب أوبرت رئيسا لها فى خريف عام ١٩٢٨ فرأس ندوة علمية نظمتها الجماعة ونشرت تفاصيلها باسم « إمكانيات السفر عبر الفضاء الكونى » .

وبدأ مولد الصاروخ الحربى من جديد فى عام ١٩٢٩ عندما أصدر الجيش الألمانى أمرا إلى فرع القذائف لبحث احتمالات الاستفادة من الصواريخ كسلاح حربى لم تحرمه معاهدة فرساى التى حالت دون إعادة تسليح المانيا ، ووكلت تلك المهمة إلى ضابط من المهندسين صغير السن هو « وولتر دورنبرجر » الذى زار جماعة الـ « ف . ف . ر . » عدة مرات وأيقن ان تجاربهم هى من النوع التافه الذى لا يمكن الاعتماد عليه ، وان أغلب أعضائه هم ممن دابوا على الكتابة فى الجرائد لمجرد الدعاية ، إلا انه اختار من بينهم الشاب الصغير فون براون ليكون مساعده الفنى الأول فى بينموند التى اتخذها مقرا لأبحاثه .

وبعد جهد مضن اتم دورنبرجر ورجاله بناء صاروخ يعمل بالكحول والأوكسيجين السائل ؛ وتعلموا ان غرف الاحتراق الكبيرة لا سبيل إلى صنعها بمجرد تكبير الأنواع

الصغيرة التى نجح اختبارها ، بل يلزم إجراء تحويرات جوهرية فى التصميم واستخدام وسائل جديدة للتبريد كما يجب صنع الصاروخ بشكل انسيابى يقلل من مقاومة الهواء له . وفى خريف عام ١٩٣٩ أكملوا بناء صاروخ بلغ وزنه نحو طن كامل وارتفع إلى علو نحو خمسة أميال فى مدة قدرها ٤٥ ثانية ظل خلالها وقوده مشتعلا ، ثم استمر الصاروخ يصعد بتأثير القصور الذاتى ، او السرعة التى اكتسبها خلال ذلك . وعندما بلغ أقصى ارتفاع له أعطيت إشارة له من الأرض فانفتحت مظلة صغيرة أولا ، ثم انفتحت مظلة اكبر هبط بوساطتها الصاروخ سالما إلى البحر .

وقام رجال دورنبرجر بعد ذلك بدراسة مقدرة الصاروخ عندما يطلق بميل على الاتجاه اراسى واستخدموا نفس النوع بنجاح ، وهكذا صنعوا أول صاروخ حربى موجه ليأخذ مسارا طويلا منحنيا ، يبدأ من نقطة الاطلاق ليصعد بزاوية ميل معينة ، ثم عندما يبلغ أقصى ارتفاع له يهوى هابطا فى مساره المنحنى لينتهى عند الهدف على سطح الأرض . وبقى عليهم بعد ذلك البحث عن الطرق التى تؤدى إلى زيادة سرعة الصاروخ وزيادة حجمه ليحمل مقادير عظيمة من المواد المدمرة .

وعندما وصل مدى الصاروخ — اى المسافة الأفقية التى يقطعها من نقطة الاطلاق إلى الهدف — نحو ١٢٥ ميلا تبين أنه ليس من السهل السيطرة على مسار الصاروخ خلال هذا المسار الطويل بأكمله ، وأنه يلزم ان تتوفر بعض الشروط ، التى من أهمها :

١ — وجوب الدقة فى تصويب الصاروخ وتقدير زاوية الميل لحظة الانطلاق تقديرا سليما تماما .

٢ — يجب ان تصل السرعة إلى القيمة المحسوبة ، ويدخل فى هذا الحساب كله تقدير العوامل الجوية السائدة من رياح وحرارة إلخ . . .

وخلال السنين الأولى من الحرب العالمية الثانية وجه النازى عنايتهم إلى سلاح الطيران ، ولم يحظ رجال بينموند بالرعاية اللازمة ، إلا أن أولئك الأبطال استطاعوا فى عام ١٩٤٢ ، بعد كفاح مرير ، أن يطلقوا صاروخا موجها ارتفع رأسيا مدة ٤½ ثانية ، ثم شرع يميل حسب الخطة المرسومة تماما ؛ وبلغت سرعة انبثاق غازات محركه نحو ٦٥٠٠ قدما فى الثانية (أى نحو ١¼ ميل فى الثانية) . ولقد تزايدت سرعة الصاروخ تدريجيا حتى وصلت حدود ٦٥٠٠ قدما فى الثانية بعد مضى ٢٠ ثانية

من لحظة الإطلاق [وهذه هى حـدود سرعة الصوت] . ثم استمرت السرعة تتزايد بعد ذلك ، وهـكذا أمكن لأول مرة فى التاريخ إرسال قذيفة موجهة توجيها آليا لتصل إلى أعالى جو الأرض .

وعقب ذلك النجاح آمن الحاضرون فى بينموند بان بناء سفن الفضاء التى تحمل الناس إلى الكواكب القريبة بات أمرا متوقعا . وعلق دورنبرجر بقوله : « لقد برهنا على أن المحركات الصاروخية تصلح لإنجاز أسفار الفضاء » ، ثم عقب يقول : « واليوم يبدا عصر غزو الفضاء » .

وبعد فترة من الزمان دعى دورنبرجر وفيرنرفون براون إلى مقر قيادة هتلر الذى طلب منهما إنتاج هذا السلاح الفتاك فى الحال وبكميات وفيرة وأطلق عليه اسم ف ٢ (وهى الحرف الأول من كلمة انتقام بالألمانية) .

وأطلقت أول قذائف الصاروخ ف ٢ فى سبتمبر سنة ١٩٤٤ لتعـبر بحر المانش وتسقط فى بريطانيا . وقد احدث هذا الصاروخ أثرا بالغا خلال أيامه الأولى . وبلغ عدد ما أطلق من هذا النوع خلال الحرب العالمية الثانية نحو ٤٣٠٠ قذيفة صوب منها على انجلترا وحدها نحو ١٥٠٠ صاروخ ، وسقط

عليها بالفعل أكثر من ١١٠٠ صاروخ ، كما أطلق الألمان آلاف الصواريخ فى الميادين الأخرى .

وانتهت مهمة الصاروخ ف ٢ فى الحرب العالمية الثانية فى مارس سنة ١٩٤٥ عندما تقهقر الألمان عن مراكزهم الساحلية، ثم سقطت بينموند فى يد الروس . أما دورنبرجر وفون براون فقد أسرهما الجيش الأمريكى، ثم وصلتهما دعوة بالإقامة فى أمريكا للعمل فى بحوث الصواريخ .

بهذا نكون قد لخصنا للقارىء قصة الصاروخ حتى فجر عصر الفضاء الذى بزغت شمسه فى الرابع من أكتوبر عام ١٩٥٧ عندما نجح الروس فى إطلاق أول قمر صناعى يدور حول الأرض . إلا أنه يجدر بنا عند هذه المرحلة أن نوضح بعض ما أجملناه من حقائق علمية وما مررنا عليه مر الكرام من حيث المسائل التى تتعلق بالتخلص من قبضة الأرض ومشاكل صناعة الصواريخ ونحوها من المشاكل العلمية أو الفنية، التى يجدر بنا ان نزيد إيضاحها ونعالجها بطريقة سهلة مبتعدين عن التعقيدات اللفظية والمصطلحات العلمية قدر المستطاع .

التخلص من قبضة الأرض

لعلنا جميعا لا ننكر تلك الحقيقة المشاهدة من أنه بمجرد ان يرتفع جسم عن سطح الأرض — أو يطير في الجو — تشده الأرض إليها محاولة إرجاعه أو إسقاطه في اتجاه رأسي . أى بقوة موجهة نحو المركز ، وقد أطلق على هذه القوة اسم (قوة الجاذبية) .

والحق أن قوة الجاذبية لا تقتصر على الأرض دون سواها ، بل إن كل جسم من الأجسام ابتداء من الجزىء حتى عمالقة النجوم له قوة جذب معينة تتناسب مع كتلته ، او مقدار ما جمع فيه من مادة ، ومعنى ذلك ان جميع الأجسام فى هذا الوجود يجذب بعضها البعض ، وكذلك الأجسام على الأرض ، إلا أننا لا نشعر بهذا التجاذب ولا نحس به بسبب صغر كتل الأجسام التى على الأرض بالنسبة إلى كتلة الأرض نفسها . أما اجرام الفضاء فنحن لا نشعر بجذبها كذلك نظرا لبعدها الكبير عنا ، إذ ان قوى التجاذب تتناسب عكسيا مع مربع المسافة .

وبطبيعة الحال لولا قبضة الأرض او جذبها لما عليها من أجسام ، كالهواء والماء واليابس . . . إلخ ، لما بقى شىء

على سطحها ، ولاندفعت كلها متناثرة فى خضم الفضاء اللانهائى . ولولا قوى الجاذبية هذه كذلك لما بقيت الأرض تدور فى كنف الشمس ولاندفع القمر بعيدا عن الأرض ، بل ولتفككت اوصال الأرض نفسها وتناثرت فى كل اتجاه . والسؤال الآن هو : هل يمكن ان ينطلق جسم بعيدا عن أمه الأرض متخلصا من قبضتها بحيث ينساب فى الفضاء ولا يعود مرة أخرى إلى الأرض ؟

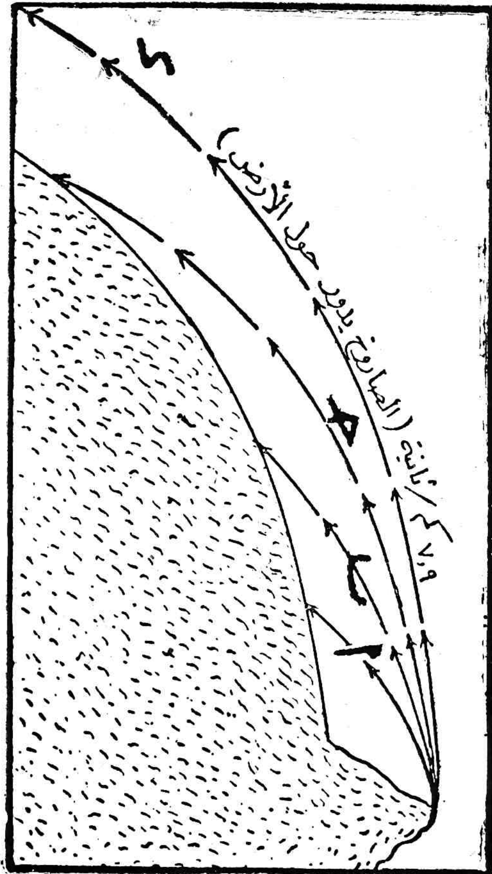
للإجابة على هذا السؤال نقول : إن هذا جائز ، وأنه ليس من المستحيلات ، وذلك عين مايحدث أحيانا للصواريخ أو الأقمار الصناعية التى نسمع عنها اليوم . ولزيادة الإيضاح نفرض ان صاروخا أطلق فى اتجاه أفقى من على قمة جبل مرتفع بسرعة ما ، فليس من شك أنه اثناء انطلاقه فى الاتجاه الأفقى تعمل الأرض بقوة جذبها له على إعادته إلى سطحها ، وبذلك نجده يتحرك فى مسار على هيئة قوس ينحنى تدريجيا من قمة الجبل لينتهى عند نقطة على سطح الأرض هى نقطة سقوطه كما هو موضح بالمنحنى « أ » فى شكل (٥) .

وإذا ما فرضنا أن صاروخا ثانيا أطلق من قمة نفس الجبل ولكن بسرعة أفقية أكبر من السرعة التى أطلق بها الصاروخ

الأول ، فإن هذا الصاروخ الثانى يسقط دون شك عند نقطة أبعد من نقطة سقوط الصاروخ الأول ، كما أن القوس « ب » الذى يمثل خط سيره يكون أقل انحدارا من القوس « أ » — راجع شكل (٥) .

وهكذا يمكن أن تبتعد نقطة السقوط عن نقطة الإطلاق بمجرد زيادة السرعة كما فى « ج » . حتى إذا ما بلغت سرعة الصاروخ القدر الكافى لجعل (نقطة السقوط) هى نفسها نقطة الإطلاق يكون القوس الذى يمثل خط سير الصاروخ موازيا تماما لسطح الأرض كما فى « د » ، ومعنى ذلك ان الصاروخ لن يسقط بتاتا إلى الأرض ، بل يظل سابحا من حولها ، اى يصبح قمرا صناعيا ولا ينتهى دورانه ويسقط إلا إذا تناقصت سرعته تدريجيا بسبب احتكاكه مع الغلاف الهوائى . ومن الواضح انه إذا تمت عملية الإطلاق فى الفضاء او بعيدا عن غلاف الأرض الجوى السميك — أى على بعد يزيد على نحو ٢٠٠ كيلومترا مثلا — فإن الاحتكاك يكاد ينعدم ويظل القمر الصناعى سابحا مدة طويلة ، وهذا عين ما عمله الروس والأمريكيون [1] .

(١) نرجع إلى كتاب الفضاء الكونى — سلسلة المكتبة الثقافية رقم (٣٧) — .



شكل (٥) يوضح نظرية إطلاق الأقمار الصناعية

والمعروف بالحساب ان أقل سرعة تلزم لإكساب القمر الصناعي — او اى جسم آخر — مثل هذه الحركة الدورانية حول الأرض هى نحو ٧٫٩ من الكيلومترات فى الثانية الواحدة. والتفسير العلمى لهذه الحقيقة ان الجسم الذى ينطلق افقيا بتلك السرعة يخضع فى سيره لعمل قوتين متضادتين هما :

اولا : قوة جذب الأرض ، او قبضتها التى تعمل دائبة على إسقاطه إلى سطحها .

ثانيا : القوة الطاردة المركزية ، التى تدفع بالجسم بعيدا عن مركز الأرض . وتنشأ هذه القوة بسبب الحركة فى مسار دائرى[1] ، وهى تزداد بازدياد سرعة الدوران .

وتتعادل القوتان عندما تبلغ سرعة الدوران ٧٫٩ كيلومترات

(١) يمكننا أن نشبه قوى الطرد المركزى بما يحدث مثلا لقطعة من الحجر أو أى جسم صلب مثبت فى طرف مقلاع نديره بسرعة حول نفسه . إننا نلاحظ فى مثل هذه الحالة أنه كلما زيدت سرعة الدوران ازداد اندفاع الحجر وحاجته للمروق كالسهم ، تحت تأثير القوة المركزية الطاردة ، إلى الخارج . ولكن الحجر يظل يدور فى حلقة خاصة لأنه يكون فى نفس الوقت مقيدا بجذبنا له . وعندما تنقص سرعة الدوران تنقص معها القوة الطاردة المركزية وينجم عن ذلك سقوط الحجر إلى الأرض .

فى الثانية ، وهو الحد المعروف علميا باسم « حدود السرعة الفلكية الأولى » . وعلى ذلك فإن أى جسم ينطلق افقيا من ارتفاع مناسب ليسير بمثل هذه السرعة ، يستطيع ولا شك أن يدور حول الأرض ، وان يظل سابحا حولها بقوة دفعة الذاتى ، اى من غير الحاجة إلى استخدام محركات او استهلاك وقود . وبعد تلك المرحلة يكون شأنه فى ذلك شان القمر الصناعى الذى نسمع عنه سواء بسواء . وبطبيعة الحال تحمل هذه الأقمار إلى أعالى الجو أو إلى الفضاء بوساطة الصواريخ ، ثم تطلق افقيا بطريقة آلية .

ولاعتبارات عديدة تدخل فى صميم عدم إمكان التحكم تماما فى السرعة نجد أن مسارات الأقمار الصناعية التى أطلقت لم تكن دائرية تماما ، أي أنها لم تسبح فى مسارات تبعد بعدا ثابتا عن مركز الأرض ، وإنما هى تصعد تارة إلى عنان السماء ، ثم تقترب بعد ذلك من سطح الأرض تارة أخرى راسمة منحنيات بيضاوية الشكل يعرف المنحنى منها علميا باسم (القطع الناقص) أو (الإهليلج) . ويطلق العلماء اسم « الأوج » على أعلى نقطة في المسار واسم « الحضيض » على أقرب نقطة فيه من الأرض .

ولقد أطلق القمر الروسى الأول — سبتنك الأول —

فى ١٩٥٧/١٠/٤ بسرعة بلغت حدود ٨٫٥ كيلومترات فى الثانية ، لتسبح فى مدار يميل بزاوية قدرها ٦٥ درجة على خط الاستواء. وبلغ أوج المسار ٩٥٠ كيلومترا فوق نصف الكرة الجنوبى كما بلغ الحضيض ٢٢٦ كيلومترا فوق نصف الكرة الشمالى. وكان القمر يكمل دورة كاملة حول الأرض فى ٩٦ دقيقة ، إلا أن سرعته تناقصت تدريجيا بتأثير مقاومة الغلاف الهوائى للأرض فى طبقاته السميكة القريبة من السطح وذلك لأن حضيض المسار كان قريبا من سطح الأرض نسبيا وهكذا احترق فى ٤ يناير عام ١٩٥٨.

وأطلق القمر الروسى الثاني فى ١٩٥٧/١١/٣ ليسبح فى مسار يميل بزاوية قدرها ٦٢٫٤ درجة على خط الاستواء ، وليتم دورة كاملة حول الأرض فى ١٠٣٫٧ دقيقة . وبلغ أوج المسار ١٦٦٤ كيلومترا ، كما بلغ الحضيض ٢٢٥ كيلومترا. وزود القمر فى مقدمته بخلايا وعدسات من أجل دراسة الإشعاعات الشمسية[1] ، وكذلك حمل فى مؤخرته كلبة من نوع

---

(١) تتضمن هذه الإشعاعات أمواجا حرارية وأخرى ضوئية تميزها أعين الكائنات الحية على الأرض وهى مصدر إنارة جو الأرض إلى جانب الأشعة فوق البنفسجية التى تؤثر على الخلايا الحية. وترسل الشمس كذلك أفواجا من الكهارب ونوى العناصر ذات الطاقات العظيمة وتعرف باسم الأشعة الكونية.

يسمى (لايكا) ، وذلك لجمع معلومات وافية عن إمكانيات الحياة فى الفضاء خارج نطاق الغلاف الجوى الذى يحمى أهل الأرض من كثير من الإشعاعات الفتاكة التى تقبل من الشمس ومن أرجاء الفضاء البعيد ، مثل الأشعة فوق البنفسجية التى ترسلها الشمس ومثل الأشعة الكونية . وتم باستخدام هذا القمر جمع معلومات هامة تتعلق بطب الفراغ ، مثل تأثير عجلات التسارع وانعدام الوزن مما سبق أن شرحناه فى كتاب الفضاء الكونى — المكتبة الثقافية (٣٧) — .

وتتابع إرسال الأقمار الصناعية : سبتنك ٣ ، ٤ . . . إلخ . وكذلك تتابعت الأقمار الأمريكية التى بدأت بالمستكشف الأول وقد اطلق فى ٣١ يناير عام ١٩٥٨ ليسبح فى مدار يميل بزاوية قدرها ٣٤ درجة على خط الاستواء ، وكان اوج مساره على ارتفاع عظيم بلغ ٢٤١٥ كيلومترا ، كما كان الحضيض على علو ٣٤٩ كيلومترا ، وقد كان القمر يكمل الدورة الكاملة فى ١١٥ دقيقة ورصدت أجهزته الإشعاعات الكونية . وأطلق الأمريكيون سلسلة من الأقمار ثم أرسلت الكواكب الصناعية ، وهى التى تخرج تماما عن نطاق جذب الأرض لتسبح فى مسارات من حول الشمس ، شأنها فى ذلك شأن الكواكب السيارة .

وجدير بالذكر أن السرعة التى تسير بها الأقمار الصناعية في دورانها حول الأرض وهى السرعة الفلكية الأولى لا يمكن أن تكفى لإخراج أى جسم من نطاق الجاذبية الأرضية ، وكل ما هناك هو أنها تكفى لإعطاء هذا الجسم حركة دورانية حول الأرض .

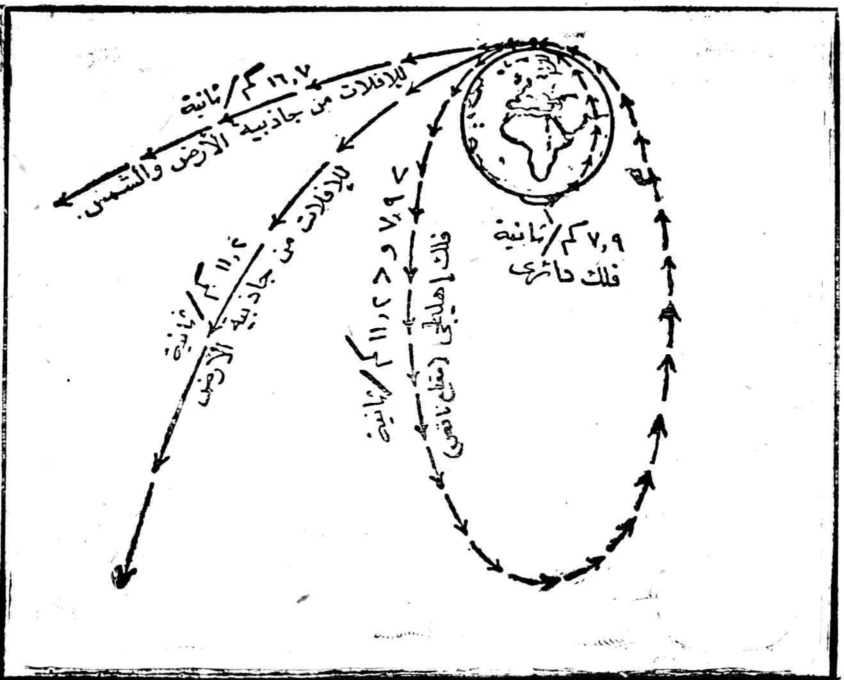
فالأقمار الصناعية ليست إلا خطوة اولى بسيطة فى ميدان السفر عبر الفضاء ، ذلك السفر الذى سيحتاج من غير شك إلى أبحاث وتجارب أخرى كثيرة على النحو الذى نراه ، يكون من أهم أهدافها إيجاد القوة الدافعة التى يمكن أن تدفع السفينة أو أى مركبة بسرعة تكفى لتخليصها من قبضة الأرض وإخراجها إلى الفضاء ، وكذلك إعادة السفينة سالمة إلى الأرض ، ولكن ما هى السرعة التى تلزم لهذا الغرض ؟ لكى نجيب على هذا السؤال يجب أن نعرف شيئا عن حقيقة الجاذبية الأرضية تلك التى تتناقص دائما كلما ابتعدنا عن مركز الأرض ، ويجب أن نذكر أن هذه الظاهرة ليست مقصورة على الأرض وحدها ، بل إنها تنطبق كذلك على جميع الأجرام أو الأجسام . وكما قدمنا تتناسب هذه القوة عكسيا مع مربع المسافة .

وبعبارة أخرى إذا ازداد الارتفاع إلى الضعف نقصت

قوة الجاذبية إلى الربع ، وإذا زاد الارتفاع إلى ثلاثة أمثاله نقصت قوة الجاذبية الأرضية إلى التسع ، وإذا زاد الارتفاع إلى أربعة أمثاله نقصت الجاذبية إلى جزء واحد من ستة عشر جزءا .

ولقد ثبت علميا أن الحد الأدنى للسرعة الفلكية اللازمة لإخراج أى جسم من قبضة الأرض ، والإفلات من جاذبيتها هى ١١٫٢ كيلومترا فى الثانية الواحدة . ويطلق العلماء على هذه السرعة اسم (سرعة الإفلات) أو « السرعة الفلكية الثانية » . وعندما ينطلق جسم بهذه السرعة لا يسبح فى قطع ناقص وإنما لاعتبارات عديدة ، يسبح فى قطع مكافىء ؛ وهو القوس المنفرج الذى يمتد إلى مالانهاية كما هو موضح فى شكل (٦) ويتبع ذلك أن يقع الجسم بطبيعة الحال تحت جذب الشمس ليدور من حولها ويصبح كوكبا صناعيا .

وقد يتساءل المرء : ما الذى يحدث للقمر إذا كانت سرعته أكبر من السرعة الفلكية الأولى وأصغر من السرعة الفلكية الثانية ، أى حدود ٧٫٩ ثم ١١٫٢ كيلو متراً فى الساعة ؟ إن الذى يحدث بطبيعة الحال هو ما سبق أن أشرنا إليه من عدم إمكان التحكم تماما فى السرعة بحيث تقتصر على الحد الأول



شكل (٦) مسارات الأقمار المختلفة حسب سرعة الإطلاق

بالذات ، ولذلك يظل القمر يسبح فى مسار إهليلجى حول الأرض تحت تاثير قبضتها .

أما إذا زادت السرعة عن قيمة الإفلات فإن المسار يأخذ شكل قوس ينفرج بشدة ممتدا إلى أعماق الفضاء . ومما يلاحظ بهذه المناسبة أن السرعات التى ذكرناها تم تقديرها على فرض الجسم المنطلق إنما يقع تحت طائل جذب الأرض دون سواها من أجرام السماء ، وهو فرض يسهّل العمليات الحسابية إلى حد كبير ، إلا أنه لا يمثل الواقع تماماً . فليس من شك أن الجسم الذى ينطلق عبر الفضاء الكونى لا يقع تحت قبضة الأرض دون سواها ، بل هو يقع تحت تأثير جذب سائر الأجرام وعلى رأسها الشمس (١) وحتى القمر إذا ما اقترب منه .

والحد الأدنى للسرعة اللازمة للهروب من جذب الأرض والشمس معا هو ١٦٫٧ كيلو متراً فى الثانية الواحدة ، وهى التى يطلق عليها اسم (السرعة الفلكية الثالثة) . وعندما ينطلق قمر صناعى بهذه السرعة أو بسرعة فلكية أكبر يفقد فى أعماق الفضاء ولا يعود . وهكذا نتبين أن الأساس الأول الذى كان على العلماء تحقيقه فى مشروعاتهم الخاصة بغزو الفضاء هو إمكان

(١) بسبب كبر كتلتها أو ما جمع فيها من مادة بالنسبة للكواكب .

زيادة السرعة إلى الحد المطلوب لأعمال الملاحة الفلكية . ولقد رأينا كيف استطاع العلماء إنجاز ذلك فى السفن الأخيرة ، بل وكيف أمكنهم إعادة سفن الفضاء سالمة إلى الأرض فى رحلتى جاجارين وتيتوف وغيرهما .

وينقلنا البحث عن حل المشكلة الثانية ، وهى مشكلة الحصول على سرعة فلكية تكفى لإطلاق الكواكب الصناعية ، إلى مشكلة صناعة الصواريخ الحديثة والتحكم فى توجيهها .



حول صناعة الصواريخ الحديثة

لم تعد النظرية العامة التى يعمل بها الصاروخ سراً من الأسرار ولا معضلة من المعضلات ، فكافة المحركات الصاروخية تعمل بمبدأ رد الفعل الذى عرفه الناس منذ مئات السنين ، والذى سبق أن أشرنا إليه فى فصل سابق من فصول هذا الكتاب . والمحرك الصاروخى على أية حال إنما يحمل معه الأكسيجين اللازم لعمليات الاحتراق مدّخراً على هيئة سائل ، وذلك بعكس المحركات النفاثة التى تعمل بنفس المبدأ إلا أنها تعتمد على الأكسيجين الموجود فى الهواء الجوى فى إتمام عمليات احتراق الوقود .

وما دام الأمر كذلك فما هو إذن سر المشكلة التى تواجه العلماء فى الوقت الحاضر ؟ كانت هذه المشكلة تنحصر أولا فى محاولة عمل صاروخ أقوى وأسرع بكثير من جميع الصواريخ التى صنعت فى فجر عصر الفضاء ، وذلك لكى يستطيع ان ينطلق بالسرعة اللازمة لتخليصه من قبضة الأرض ، قبل أن يتأثر فى نفس الوقت بالحرارة العالية الناجمة عن عامل الاحتكاك

عند اندفاعه بقوة خلال الغلاف الغازى السميك القريب من سطح الأرض . والوقت الذى توصل فيه العلماء إلى صناعة هذا الصاروخ ، كان من غير شك مرحلة هامة جداً فى تاريخ غزو الفضاء والسفر بين الكواكب ، لأن مثل هذا الصاروخ هو الذى أعطى القوة الدافعة للكواكب الصناعية ، وهو الذى سيعطى القوة التى تلزم لإطلاق سفينة الفضاء المزمع أن يستقلها الإنسان فى رحلاته إلى القمر أو إلى أى كوكب من الكواكب السيارة .

ومن المتفق عليه بين العلماء أن حل مشكلة إيجاد قوى رد الفعل التى تستطيع إطلاق الصاروخ بالسرعة المطلوبة مرتبط ارتباطا وثيقاً جداً بنوع الوقود المستخدم فى الصاروخ وطريقة احتراقه . فهم فى الوقت الحاضر مثلا يرون أن الصواريخ العادية التى تستخدم فيها مساحيق البارود أو أى وقود صلب آخر (ومن أمثلتها الصواريخ البسيطة التى تطلق عادة فى الأفراح والأعياد) لا يمكن أن تصلح للسفر عبر الفضاء أو لدفع السفن التى يحتمل أن تستخدم فى هذا السفر وذلك لعدة أسباب من أهمها :

١ — ان الوقود الجاف لا يصلح لإدارة المحركات بسبب

عدم إمكان انسيابه فى المواسير وعدم انبثاق غازاته بالسرعة المطلوبة .

٢ — أنه ليس من الممكن التحكم فى عملية احتراق الوقود الجاف الذى لا بد أن يحترق عن آخره فى لحظات قليلة بمجرد وصول اللهب إليه ، مما يحول دون إمكان إنجاز عمليات التحكم فى الصاروخ وتعديل سرعته إذا لزم الأمر .

٣ — أن الاحتراق الكلى السريع للوقود الجاف يؤدى إلى توليد قوة ضغط مباغتة تجعل من الضرورى أن تكون جوانب الصاروخ قوية بحيث يمكنها أن تقاوم الضغط والحرارة الشديدين . ويترتب على هذا زيادة وزن الصاروخ بدرجة تقلل من سرعة اندفاعه . ولمثل هذه الأسباب السابقة اصبح الوقود السائل فى الوقت الحاضر أكثر استخداما فى صناعة الصواريخ من الوقود الجاف ، ويعتبر العالم الروسى زيولكوفسكى الذى سبق أن أشرنا إليه أول من اقترح فكرة استخدام الوقود السائل لهذا الغرض .

ولكن على الرغم من أفضليه الوقود السائل على الوقود الجاف من النواحى السابقة ، فإن الأخير يفضل الأول من ناحيتين :

١ — أنه لا يتطلب تعقيدا فى صناعة الصاروخ .

٢ — أنه أسهل فى تخزينه وحمله داخل الصاروخ من الوقود السائل .

ومن الممكن أن يستخدم المطاط أو الأسفلت كوقود جاف على أن تخلط به مادة مولدة للأكسيجين ، وربما كان هذا الأخير هو الذى يحدث فى إعداد المراحل الأخيرة لصواريخ أعالى الجو أو الفضاء القريب .

ويلاحظ أن صاروخ الوقود السائل يحمل خزانين يملأ أحدها بمادة عظيمة الاشتعال مثل الكحول ، بينما يملأ الثانى بالأكسجين اللازم للاحتراق (وهو على هيئة سائل) ويخرج السائلان المذكوران من الخزانين بوساطة أنبوبتين لكل منهما صمام ومضخة خاصة ، وتنتهى هاتان الأنبوبتان إلى غرفة خاصة هى غرفة الاحتراق التى يتم فيها الاشتعال بمجرد وصول السائلين إليها ، وعندئذ تنبثق الغازات المتكونة بقوة عظيمة من فتحة فى مؤخرة هذه الغرفة ويترتب عن شدة اندفاعها بهذا الشكل تولد قوى رد فعل هائلة تحرك الصاروخ وتطلقه بسرعة خارقة .

ولكى تكون حركة الصواريخ انسيابية منتظمة خلال

سبحها فى جو الأرض يجهز بزعانف هوائية خاصة تساعد على حفظ توازنه فى الهواء . ويستوى فى ذلك الصاروخ الذى يستخدم فيه الوقود الجاف والصاروخ الذى يستخدم فيه الوقود السائل . ولكن يجب أن يلاحظ بطبيعة الحال أن فائدة مثل هذه الزعانف مقصورة على المراحل الأولى التى يسبح فيها الصاروخ خلال جو الأرض ، أما بعد تلك المراحل — عندما يخرج إلى الفضاء الكونى — لن تكون لهذه الزعانف فائدة .

وثمة وسائل أخرى يمكن الاستعانه بها فى حفظ توازن الصاروخ عند اندفاعه خلال جو الأرض مثل : (١) أن يدور الصاروخ عند بدء انطلاقه دورانا سريعا حول نفسه كما يحدث للمغزل سواء بسواء . ويتم ذلك إما بتثبيت زعانف هائلة على جسمه ، أو بجعل الغازات تنبثق من فتحات متعددة مائلة موزعة على محيط دائرة بدلا من انبثاقها من ثقب واحد . وتستخدم حركة الدوران بصفة خاصة عندما تكون نسبة قطر الصاروخ إلى طوله هى نسبة كبيرة ، وهذه هى عين الطريقة التى استخدمها الأمريكيون لحفظ توازن الصاروخ الذى أطلقوا به القمر الصناعى الأول المستكشف . (٢) ومن

الطرق المستخدمة أيضا الاستعانة بجهاز الجيروسكوب (*) فى تنظيم انبثاق الغازات اللازمة لحفظ التوازن، ويتم ذلك بطريقة آلية ذاتية. (٣) ويمكن استخدام (دفة) تتحرك بميل فى طريق الغازات المنبثقة من المحرك بحيث تحدث القوى اللازمة لإزاحة او إحالة الصاروخ فى اتجاه معين كلما لزم الأمر. وأول من تقدم بهذا الاقتراح هو الروسى زيولكوفسكى سابق الذكر.

ولما كان نوع الوقود المستخدم هو الأساس الذى توقتف عليه قوى رد الفعل التى تدفع الصاروخ ، فقد أجريت أبحاث كثيرة على أنواع الوقود السائل المختلفة لاختيار النوع الذى يمكن أن يعطى باحترافه أكبر قوة دفع ممكنة ، وتوجد فى الوقت الحاضر أنواع متعددة من الوقود السائل التى تصلح كلها لدفع الصواريخ ، وكل منهما له مميزات خاصة ، إلا أن الميدان مازال مفتوحا ومجال التسابق فيه لاحدود له ولعل أقوى أنواع الوقود السائل الإيدروجين المسال مع الأكسيجين ، ولكن نظرا لأن الإيدروجين قليل الكثافة جدا حتى وهو فى حالة

(*) يتكون من حلقتين تدور كل منها حول محور متعامد على محور الحلقة الأخرى .

السيولة فإن استخدامه يحتاج إلى ان يكون الصاروخ مجهزاً بخزانات أضخم بكثير من الخزانات المستخدمة فى الوقت الحاضر . وكذلك يعتبر حامض الأزوتيك والهيدرازين (وهو مركب كيميائى من الأزوت والأيدروجين) من أصلح مواد الوقود للصواريخ لأنه يتميز بقلة تكاليفه وسهولة تعبئته واستخدامه .

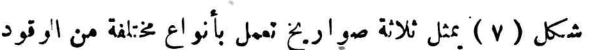
ومن المواد الأخرى التى استخدمت فى فجر عصر الفضاء الكحول والكيروسين والبنزين وزيت الترابنتين والبارافين ، وتستخدم مع كل منها إحدى المواد المولدة للأكسوجين مثل حامض البركلوريك وبيروكسيد الأيدروجين (وهو مركب من الأيدروجين ولكن نسبة الأكسوجين فيه مرتفعة عنها فى أى مركب آخر من مركبات هذين العنصرين .)

وبالإضافة إلى الوقود الجاف والوقود السائل يفكر العلماء فى الوقت الحاضر فى ابتكار أنواع أخرى من الوقود . منها الوقود المعدنى ، مثل الألومنيوم والمنجنيز ، حيث تمزج حبيبات أحد هذين المعدنين بسائل سهل الالتهاب ومادة أكسوجينية ، على أمل أن يعطى هذا النوع من الوقود طاقة أعظم مما تعطيه أنواع الوقود السائلة العادية .

وينظر فريق من العلماء إلى الطاقة الذرية كذلك كوسيلة من أهم الوسائل التي يمكن أن تستخدم لتوليد قوة دافعة أعظم بكثير من القوى التي استخدمت حتى الآن. وتمتاز الطاقة الذرية أيضا بإمكان تخزين كميات وفيرة منها في حيز صغير بحيث تكفي لحاجات سنين عديدة! وقد أمكن توليد طاقة ذرية عظيمة القوة بوساطة تحويل بعض العناصر الكيمائية إلى عناصر أخرى. ويعطى شكل (٧) رسوما تخطيطية لثلاثة صواريخ تستخدم فيها ثلاثة أنواع مختلفة من الوقود (جاف ـ معدني ـ سائل).

ومن الممكن أن تستخدم الطاقة الذرية لتحويل الغازات المسالة (مثل الأيدروجين السائل أو الهليوم السائل) إلى غازات تندفع بقوة غير عادية من مؤخرة الصاروخ، وهذا هو ما يطلق عليه عموما اسم (الوقود الذرى)، ولكن يلاحظ أن كلمة (وقود) مستخدمة هنا مجازيا فقط؛ لأن انطلاق الطاقة الذرية وتفاعلها مع الغازات المسالة لا يصاحبه احتراق بمعنى الكلمة. وقد تستخدم الطاقة الذرية لمجرد توليد قوى كهربية تستغل في توليد سيل من الأيونات السريعة التي تنبثق بشدة.

وعملية استخدام (الوقود الذرى) يمكن أن تحدث



شكل (٧) يمثل ثلاثة صواريخ تعمل بأنواع مختلفة من الوقود

بتوصيل الأيدروجين السائل أو أى سائل آخر من هذا النوع إلى غرفة صغيرة تشبه غرفة الاحتراق فى صواريخ الوقود السائل العادية مع إطلاق الطاقة الذرية فى نفس الوقت على هذا السائل ، فيترتب على ذلك ارتفاع درجة حرارة الأيدروجين ارتفاعا فجائيا عظيما جدا يؤدى إلى تحوله إلى غاز ينطلق من الغرفة تحت ضغط بالغ الشدة ، وربما يستخدم الماء الثقيل كذلك .

والمفهوم أنه على الرغم من أن الصاروخ الذرى الذى من هذا القبيل لا يختلف كثيرا من حيث نظريته الأساسية عن الصاروخ العادى ، فإنه يتميز عنه بقوة الدفع البالغة الشدة التى تساعد من غير شك على تسهيل مهمة السفر عبر الفضاء . ولكن هناك بعض الصعوبات الفنية التى تعترض سبيل استخدام الوقود الذرى . فالضغط والحرارة اللذان سيتولدان عند امتزاج الطاقة الذرية بالهيدروجين السائل أو غيره من السوائل . أقوى مما يمكن أن تتحمله أى سبيكة من السبائك المعروفة فى الوقت الحاضر ، ولهذا فإما أن يتوصل العلماء إلى طريقة لتخفيف الضغط والحرارة أو يتوصلوا لصناعة سبيكة جديدة ، عظيمة المقاومة . ويضاف إلى هذه الصعوبة الفنية صعوبة أخرى

تتعلق بسلامة ركاب الصاروخ أو سفينة الفضاء من خطر الإشعاعات الذرية التى ستنبعث من غير شك فى نفس الوقت الذى تنطلق فيه الطاقة الذرية . ومن الجائز أن يكون العلماء الروس قد استطاعوا فعلا التغلب على هذه الصعوبات ، وأن يكونوا قد استخدموا بالفعل الوقود الذرى فى إطلاقهم الأقمار الصناعية ، إلا أن هذا سر من الأسرار .

ومن أحدث التصميمات التى تمت خاصة بسفن الفضاء الذرية تلك السفينة التى يحاول بناءها الدكتور ارنست شتولنجر ، أحد خبراء مركز الصواريخ الأمريكى فى هنترفيل بولاية آلاباما . ولا تشبه هذه السفينة الصاروخ فى شىء ، حتى ولا هى تبدو على هيئة الطائرة ، وإنما تأخذ شكل طبق كبير أو قصعة ، أو على وجه التحديد مظلة هائلة يبلغ قطرها عند فتحها ٢٥٠ قدما وللمظلة عصا فى صورة عمود طوله ٢٥٠ قدما أيضا .

ويقدر وزن مثل هذه السفينة بنحو ٧٥٠ طنا ، وهو رقم يقل كثيرا عن الأرقام المقدرة لأصغر السفن المصممة على أساس الدفع بالوقود السائل . والمفاعل الذرى يثبت فى قاعدة العمود أما الأجزاء المعدة لإيواء الركاب والملاحين ونحوهم فمكانها فى القمة فى وسط الطبق ، ويمكن أن تكسب

حركة دائرية بحيث تتولد قوى طاردة مركزية تكفى لإعطاء الإحساس بوجود نوع من الجاذبية يعوض انعدام الجاذبية التى ألفها الناس على الأرض ، حتى لو كانت كلمة فوق وتحت فى هذه الحالة تعنى إلى المركز أو بعيدا عنه . وهناك حاجز من الرصاص السميك أعلى المفاعل الذرى ، الغرض منه أن يحول دون تسرب الإشعاعات الذرية من المفاعل إلى الركاب بصورة مباشرة . وتستغل الحرارات العالية التى يولدها المفاعل فى تحويل زيت معدنى ثقيل إلى غاز أو بخار يصعد خلال أنبوبة تجرى على طول العمود ليعمل على تحريك (تربين) أسفل المظلة . ويتصل (بالتربين) مولد كهربى ، أى أن الطاقة الذرية إنما تستخدم فى القوى الكهربية على النحو الذى لخصناه .

وقمة المظلة أشبه شئ بوعاء ضخم مفرغ لا يكاد يدخله البخار الذى يولده المفاعل الذرى حتى يبرد سريعا بالإشعاع إلى الفراغ . وسريعا ما يتكاثف هذا البخار إلى سائل يتدفق إلى المفاعل ليعيد الدورة من جديد . أما المحرك الصاروخى الذى يدفع سفينة الفضاء الذرية ويمكنها من السبح فى الفضاء فهو يثبت فى العمود على مسافة مناسبة من (التربين) أو المولد الكهربى . وهو يختلف عن المحركات العادية اختلافا كبيرا ،

فبينما تقذف محركات الصواريخ التى تستخدم الوقود الجاف أو الوقود السائل كميات وفيرة متواصلة من الغازات الملتهبة ، نجد أن هذا المحرك إنما هو مجرد ينبوع أو مصدر تنبثق منه جسيمات مشحونة بالكهربية بصفة مستمرة ، هى الأيونات التى أشرنا إليها سابقا .

ويوجد خزّان يملأ بمعدن قاعدى مثل السيزيوم ، ترفع حرارته إلى درجة تكفى لتحويل المعدن إلى بخار يندفع إلى غرفة خاصة لينبثق منها خلال شبكة من البلاتين الساخن ، وعندما يمر بخار السيزيوم خلال شبكة البلاتين الساخنة هذه يتأين ، أو يتحلل إلى مركباته الكهربية . وتستخدم الطاقة الكهربية التى يولدها (التربين) فى إكساب هذه الجسيمات المشحونة (أو الأيونات) سرعة كبيرة جدا ، بحيث تنبثق من المحرك بقوة عظيمة . ومعنى ذلك كله أن مثل سفينة الفضاء الذرية هذه بالذات سوف تنطلق لتذرع الفضاء الكونى باستخدام سيل من الأيونات السريعة الحركة !!

تعدد المراحل

وجد العلماء أن مقدرة الصاروخ على الانطلاق بسرعة عظيمة تتم بعد أن يستنفد محركه كميات عظيمة من الوقود يكتسب خلال احتراقها سرعة عالية، ووجدوا كذلك أن سرعة الصاروخ يمكن أن تقارب سرعة انبثاق الغازات من محركه إذا استمر هذا الأخير يعمل مدة كافية، وعندها نقول إن الصاروخ ينجح تماماً فى تحويل الوقود إلى طاقة حركة. ولكن ما هى كمية الوقود اللازمة لتحقيق هذا الغرض؟

لعله يتضح لنا الآن أن هذه مسألة المطلوب فيها هو أن تصل سرعة الصاروخ حدود سرعة انبثاق الغازات من محركه، وهى كمية تتغير بتغير نوع الوقود كما قدمنا. وقد وجد فى حالات استخدام الوقود الجاف أنه يجب أن يحمل الصاروخ معه كميات من الوقود تزن أكثر من ضعف وزنه وهو فارغ مرتين. وتسمى النسبة بين كتلة الصاروخ المشحون تماما بالوقود — أو الكتلة الأصلية — والصاروخ بعد أن يشتعل وقوده — أو الكتلة النهائية — باسم «النسبة الكتلية للصاروخ»،

وهى تمدنا على أية حال بفكرة أو تدلنا على أقصى سرعة يمكن أن يصل إليها الصاروخ بصرف النظر عن الوقود المستخدم .

فمثلا إذا كان الصاروخ الكامل الذى يدفع بالبارود الأسود يزن ثلاثة أرطال ، اثنان منها يخصان الوقود وحده ، يكون من الممكن نظريا أن تبلغ سرعة هذا الصاروخ عندما يستنفد وقوده تماما حدود ١٠٠٠ قدم فى الثانية الواحدة ، وهى سرعة انبثاق غازات البارود الأسود .

مجمل القول إنه إذا عرفت (النسبة الكتلية) لأى صاروخ وكذلك سرعة انبثاق الغازات من محركه ، فإنه يمكن دائماً أن تحسب السرعة النهائية التى يجمعها الصاروخ ، ومن ثم يكون من السهل حساب مدى الارتفاع الذى يمكن الوصول إليه لحظة استنفاد الوقود . وبعد تلك اللحظة تكون درجة نجاح الصاروخ فى تحويل الوقود (إذا وجد) إلى طاقة حركة هى ١٠٠٪ ومن هنا نبتت فكرة الاستفادة من عمل الصواريخ متعددة المراحل ، اى التى لا تقتصر على محرك صاروخى واحد ، بل تثبت الصواريخ بعضها فوق بعض ، ثم يطلق الأول منها ليرتفع حاملا معه المجموعة التى تصغره نسبياً ، وصاعداً بها إلى عنان السماء ضد الجاذبية الأرضية ومقاومة الهواء الكاملة

فى طبقاته الكثيفة قرب سطح الأرض . وعندما تصل سرعة انسياب المجموعة إلى حدود سرعة انبثاق الغازات من محرك الصاروخ الأول يكون هذا المحرك قد استنفد وقوده فينفصل من تلقاء نفسه ويتساقط[1] إلى الأرض ، إلا أنه فى نفس تلك اللحظة يشعل محرك الصاروخ الثانى ليبدأ العمل بنجاح تام وعجلة تصاعدية كبرى ... وهكذا .

يتضح لنا إذاً أن وظيفة الصاروخ الأول — أو المرحلة الأولى — تكاد تنحصر فى انسياب المجموعة بسرعة عظيمة ، وبذلك تزداد درجة نجاحها فى تحويل الطاقة المدخرة كوقود إلى طاقة حركة ، هذا كما أن هذا الصاروخ الأول ينفصل من تلقاء نفسه متساقطاً إلى الأرض وبذلك ينقص الوزن الكلى للمجموعة بالنسبة إلى ما تحمل من وقود ، أى تزداد كثيراً (النسبة الكتلية) وتتاح للمجموعة فرصة هائلة للوصول بالسرعة النهائية إلى أقصى حد ممكن .

وتستخدم الصواريخ متعددة المراحل اليوم فى إطلاق

---

(١) تستخدم سلسلة من مظلات الهبوط فى كثير من الأحيان لتوصل هذه المرحلة سالمة إلى الأرض ، وتعمل هذه المظلات بطريقة آلية ذاتية .

الأقمار الصناعية بعد أن تحلق بها إلى ارتفاعات شاهقة ، تصل إلى عدة مئات من الكيلو مترات ، حيث يتم إطلاق الأقمار الصناعية فى اتجاه أفقى لتسبح فى مداراتها المرسومة حول الأرض . وبطبيعة الحال قلما يتم إنجاز هذه العمليات كلها بدرجة تقارب الكمال ، وذلك لتدخل عوامل كثيرة يصعب إدخالها فى الحساب ، أو لحدوث أى خطأ بسيط حتى فى ابتداء المرحلة .

ويبين شكل (٨) جانبا من طبقات الأرض كما يقسمها العلماء — التروبوسفير أو الطبقة السطحية ، والستراتوسفير أو الطبقة العليا ثم الطبقة المتأينة وهى الأيونوسفير التى تنتشر إلى نهاية جو الأرض من أعلى وإلى حيث الفضاء الكونى . ويبين هذا الشكل كذلك الارتفعات المختلفة التى يمكن أن تصل إليها مراحل صاروخ متعدد الدرجات — من ثلاث مراحل :

وجلى من الشكل أن المرحلة الأولى استنفدت وقودها على ارتفاع نحو ٨٠ كيلو مترا بعد أن أكسبت المجموعة سرعة بلغت نحو ١ر٨ كيلو مترا فى الثانية . واستمرت المجموعة تصعد تحت تأثير عمل محرك المرحلة الثانية ، بينما استمرت المرحلة الأولى صاعدة قليلا إلى علو نحو ١٠٠ كم (تحت تأثير قصورها

القمر الصناعي

المرحلة ٣ (الصاروخ الذى حمل القمر فى مرحلته الأخيرة)

انفصال المرحلة ٢

أيونوسفير
يكاد ينعدم الهواء
تنعكس موجات اللاسلكى القصيرة

السرعة
٥,٦ كم/ثانية

الارتفاع ٥٠٠ كم

انفصال المرحلة ١

السرعة
١,٨ كم/ثانية

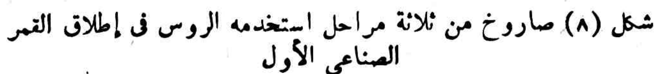
الارتفاع
٨٠ كم

استراتوسفير (الطبقة العليا من الجو)
هواء مخلخل جداً – تبدأ الشهب فى الاحتراق عند اندفاعها خلاله

١٠ كم

تروبوسفير (الطبقة السفلى من الجو)
تحدث فيها جميع الظاهرات الجوية (سحب – مطر – عواصف .. الخ)

مستوى سطح البحر



شكل (٨) صاروخ من ثلاثة مراحل استخدمه الروس فى إطلاق القمر الصناعى الأول

الذاتى أو حركتها التى اكتسبتها من قبل) راسمة قوسا انحنى إلى اسفل بفعل جذب الأرض الذى أعادها إلى السطح .

واستمرت المرحلة الثانية تعمل إلى علو نحو ٥٠٠ كيلو مترا ، فأكسبت المجموعة سرعة بلغت حدود ٥و٦ من الكيلو مترات فى الثانية الواحدة ، ثم انفصلت هذه المرحلة ، راسمة بدورها قوسا صعد بها قليلا إلى عنان السماء تحت تاثير القصور الذاتى ثم انحنى إلى الأرض كما هو موضح بالشكل ، بينما أخذ محرك المرحلة الثالثة يعمل حتى علو ٩٠٠ كيلو مترا وعندها بلغت السرعة الحدود التى يمكن أن تسبح بها القذيفة فى مسار يوازى سطح الأرض على النحو الذى وضحناه من قبل . ولهذا السبب نفسه نجد ان خط سير هذه المرحلة يكاد يصبح أفقيا . فإذا كانت سرعتها قد وصلت لخط إطلاق القمر تماما حدود السرعة الفلكية الأولى (٧٫٩ كم فى الثانية) فإن القمر يأخذ فى الدوران حول الأرض فى فلك دائرى ، إلا أن حدوث أى خطأ فى هذه التقديرات كلها ، خصوصا فيما يتعلق تقدير السرعة النهائية لخطة إطلاق القمر الصناعى ، يجعل هذا الأخير لا يسبح فى مسار دائرى ، وإنما يدور فى فلك بيضاوى هو الإهليلج . والآن يحق لنا أن نتساءل : ماهى هذه الأقمار الصناعية وما حقيقة أمرها ؟ ! !

الأقمار والكواكب الصناعية ومحطات الفضاء

تطلبت المراحل الأولى لدراسات الفضاء تحديد خصائص جو الأرض العلوى ، وعمل قياسات عديدة فى الفضاء الخارجى لكثير من العناصر ، كدرجة الحرارة وكثافة الإشعاع الشمسى والأشعة الكونية وكميات الشهب العابرة .. إلخ . وعندما استخدمت الصواريخ لهذا الغرض وجد أنها تنطلق بسرعة فى الاتجاه الرأسى ولا تبقى طويلا فى أعالى الجو ولهذا كانت المعلومات التى تجمعها محدودة الفائدة — تكاد تكون مقتصرة على تحديد التراكيب الرأسية للجو — وموقوتة بلحظات معينة مما دعا العلماء إلى التفكير فى إطلاق أقمار تظل تسبح حول الأرض على ارتفاعات معينة بحيث تتيح الفرصة لجمع المعلومات المطلوبة خلال مدة طويلة من الزمان .

ولقد تم الاتفاق على أن تقوم الدول العظمى بإطلاق الأقمار خلال السنة العالمية لطبيعيات الأرض — ١٩٥٧ إلى ١٩٥٨ — ، واقتصر على روسيا وأمريكا لأداء هذه المهمة ، وذلك نظرا للتكاليف الباهظة التى تتطلبها مثل هذه المشاريع .

وإذن فالأقمار الصناعية من وجهة النظر هذه ماهى فى الواقع إلا بمثابة المرحلة الأولى من مراحل غزو الفضاء الخارجى . وأطلق الروس أول الأقمار فى أكتوبر عام ١٩٥٧ شكل (٨) وأسموه سبتنك الأول كما هو معروف ، كما أطلق الأمريكيون أول أقمارهم المستكشف رقم ١ — فى ٣١ يناير عام ١٩٥٨ .

وبصرف النظر عن قائمة سلسلة الأقمار والكواكب التى تم إطلاقها حتى الآن ، فإنه قد أرسلت بعض الكائنات الحية ، ومنها الإنسان ، إلى مشارف الفضاء الكونى حيث ثبت عدم وجود خطر سريع مباشر على حياة رواد الفضاء لفترة محدودة على الأقل إذا ما أحكمت حمايتهم من الأشعة الكونية والأشعة فوق البنفسجية ، كما تبين فى وضوح وجلاء إمكان تحمل بعض الأفراد (المختارين اختيارا خاصا والمدربين تدريبا رياضيا تاما) لما يتعرض له بعض المسافرين فى الصواريخ من عجلات تبلغ أضعاف العجلة الأرضية ، ومن ضوضاء وحالات انعدام الوزن إلى آخر تلك القائمة من أهوال الفضاء التى تدخل ضمن دراسات طب الفضاء — راجع كتاب الفضاء الكونى ، السلسلة الثقافية رقم ٣٧ .

ونحن نستطيع أن نشبه فلك القمر الصناعى بالإطار الخارجى



شكل (٨) سبتنك الأول وهو فى الفضاء (حسب تصوير أحد المراصد الأمريكية)

لقرص وهمى مستوى يمر بمركز الأرض ، ويقسمها إلى نصفين متساويين تماما . وبديهى إذن أن يتناسب طول فلك القمر مع ارتفاعه عن سطح البحر ، بمعنى انه كلما زاد ارتفاع القمر زاد تبعا لذلك طول فلكه الذى يسبح فيه ، ويتبع ذلك حتما زيادة الفترة التى يستغرقها القمر لإتمام دورة كاملة من حول الأرض إذا لم يطرأ على سرعته تغير ملحوظ .

وجلى أنه لتسهيل جمع الأرصاد بالقمر الصناعى لكل جزء من أجزاء سطح الأرض يحسن دائما أن يكون مستوى مساره عموديا على خط الاستواء قدر المستطاع ، إذ ان هذا التعامد يتيح للقمر فرصة المرور فوق كل جزء من أجزاء العالم الذى نعيش فيه بسبب دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق فى الوقت الذى يدور فيه القمر من الشمال إلى الجنوب . ومثل هذا القمر يمكن أن يصور لنا مناطق تجمع السحب فى جو الأرض وكذلك مناطق تولد الأعاصير وبذلك يتيح لعلماء الرصد الجوى فرصة ذهبية طالما حلموا بها .

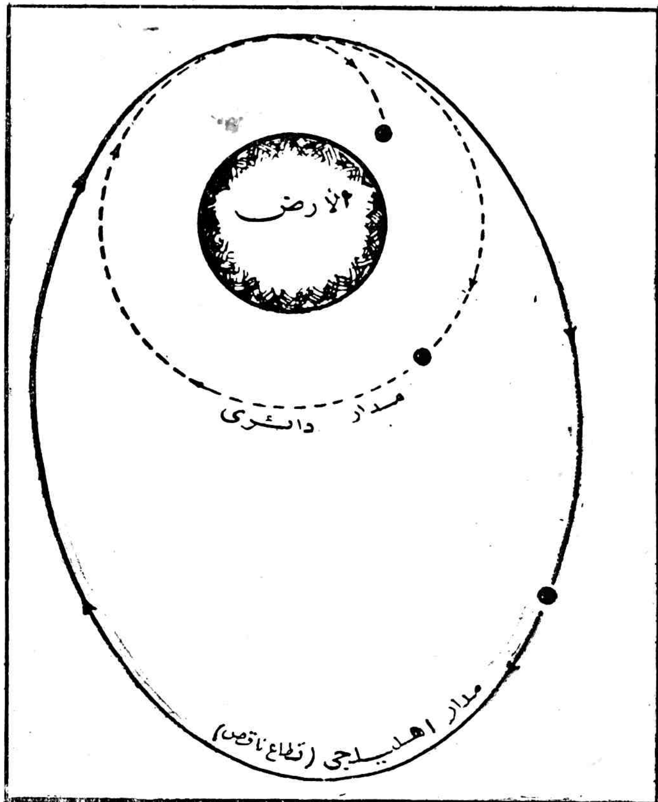
ولقد سبح القمر الأمريكى الأول من مغرب الأرض إلى مشرقها وذلك بخلاف القمر الروسى الأول والثانى ، واستغل الأمريكيون بذلك دوران الأرض حول محورها

من الغرب إلى الشرق وكذلك سبحها فى فلكها من حول الشمس ، واستفادوا من هاتين الحركتين بسرعة تعادل نحو ثلث كيلو متر فى الثانية الواحدة اكتسبها القمر الصناعى .

وكما قدمنا نرى انه على الرغم من أن المفروض نظريا هو أن تدور الأقمار الصناعية التى تنطلق بسرعة ٧٫٩ كيلو مترا فى الثانية فى أفلاك دائرية حول الأرض ، فإن الذى يحدث فعلا هو أن تلك الأفلاك تأخذ دائما الشكل البيضاوى ، وعلة هذا الانحراف هو الخطأ الذى يقع فيه العلماء لحظة الإطلاق مهما كان هذا الخطأ طفيفا . وبطبيعة الحال تزداد استطالة الفلك كلما زادت الأخطاء ، ويعظم الفرق بين أوج المسار وحضيضه ، ويقطع القمر مستويات متعددة ويمر بمناطق عديدة في الفضاء وأعالى الجو مبتعداً تارة عن سطح الأرض ومقتربا من السطح تارة أخرى — شكل (٩) .

ويمكن استخدام الأقمار الصناعية التى تسبح فى أفلاك تقع على مستوى خط الاستواء[١] أو بالقرب منه فى عمليات إعادة الإذاعات اللاسلكية والتليفزيون . والمعروف أنه تكفى ثلاثة

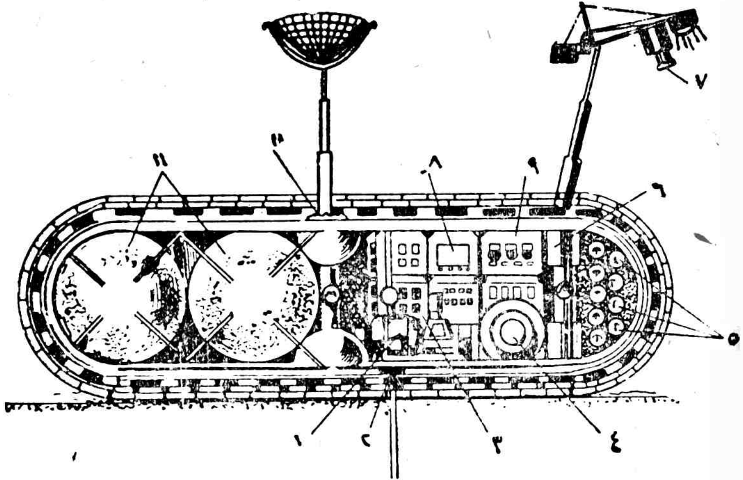
(١) إذا كان سيتخذ من محطات الفضاء فى المستقبل مرافئ لتموين سفن الفضاء بالوقود والعتاد فإنه من اللازم أن تقع مساراتها فى مستويات قريبة من مستوى فلك الأرض ، للإستفادة من دوراتها وسبحها حول الشمس .



شكل (٩) مدار القمر الصناعى

اقمار فقط لتتابع الإذاعة على جميع أرجاء العالم . وقد قدم هذا العام مشروع مماثل هو « وست فورد » وسيأتى بيانه فيما بعد .

والسفينة التى ترسل لتدور من حول القمر الطبيعى للأرض وتعود ـ أو ساعى القمر إذا شئنا أن نطلق عليها هذا الاسم ـ ترسل من صاروخ كبير متعدد المراحل مكون من ثلاث او أربع مراحل على الأقل، لأن السفينة فى هذه الحالة يجب أن تكتسب سرعة عظيمة تقارب زهاء من ١٠ إلى ١١ من الكيلو مترات فى الثانية ، ولما كان بعد القمر عن الأرض ليس بالبعد الصغير ، إذ يبلغ ١٨٤ ألفا من الكيلومترات على وجه التقريب ، فإنه يلزم ألا تكتسب المرحلة الأخيرة من القيمة اللازمة للخروج النهائى من قبضة جذب الأرض . وقد قدر أنه إذا ما بدأت سفينة الفضاء مرحلتها الأخيرة بسرعة تقارب حدود ٧ر١٠ من الكيلومترات فى الثانية تصبح أبعد نقط مسارها من الأرض على علو يربو على ٤٠٠ ألفا من الكيلو مترات ، أى يصير الأوج أكبر من بعد القمر ، ولايبقى إلا ان تختار لحظة إطلاق القمر بدقة وعناية بحيث تدور السفينة حول القمر الطبيعى ثم تعود ثانية إلى الأرض . ويبين (شكل ١٠) معمل لأبحاث الخاص بدراسة القمر والذى يمكن ان يحمله سفينة الفضاء



(شكل ١٠) أجهزة دراسة قمر الأرض

لتلقيه على سطح القمر وفيما يلى بيان بأجزاء هذا المعمل :

١ — محرك احتراق داخلى ، ومولد كهربائى .

٢ — جهاز لفحص عينات الأرض .

٣ — جهاز للتوجيه من على بعد .

٤ — محرك دبابة تسير على الأرض .

٥ — اجهزة للدراسات الفيزيائية .

٦ — كاميرا تصور من تلقاء نفسها .

٧ — جهاز إرسال يعمل من تلقاء نفسه .

٨ — محطة إذاعة .
٩ — أجهزة لنقل المعلومات العلمية إلى الأرض .
١٠ — جهاز لفرد الساريات أو طيها.
١١ — بالونات وقود .

وعندما تدنو سفينة الفضاء من القمر يضطرب مسارها قليلا تحت تأثير جذب القمر لها ، ولكن يعمل العلماء حساب هذه الظاهرة لحظة الإطلاق ، إذ قد ينحرف المسار بدرجة تفلت معها السفينة إلى خضم الفضاء الفسيح ولا تعود أبدا . ويستغرق الساعى بجوار القمر زهاء ٥٠ ساعة ، وهذه الحقيقة استفاد منها العلماء ، إذ أنهم عمدوا إلى تزويد السفينة بآلات للتصوير التلفزيونى ومعدات للإذاعة لتمدهم السفينة بالمعلومات الأولية عن القمر ومن أجل تصوير وجه القمر الذى لا يواجه الأرض ولا نعرف عنه شيئا .

ولقد كان الهدف الثانى من تجارب الأقمار الصناعية هو العمل على إعادتها سالمة إلى سطح الأرض بعد سبحها فى الفضاء . ولقد تمت هذه الخطوة بنجاح فى عدة رحلات بدئت بإرسال بعض الكائنات الحية داخل تلك الأقمار من أجل دراسة إمكانيات الحياة فيها ، ثم أعدت الأقمار لحمل البشر . ولا شك ان رحلة جاجارين فى ١٢ من إبريل عام ١٩٦١ ، وما أعقبها

من رحلات لرجال الفضاء من أمثال تيتوف ، وآلن شبرد .... ، تدل على الإنسان إنما يسير حثيثا بخطى ثابتة نحو ارتياد الفضاء في القريب العاجل .

وليست عملية النزول خلال طبقات الجو السطحية السميكة بالأمر الهين . وبطبيعة الحال تستخدم المحركات الصاروخية في تقليل السرعة التي يسبح بها القمر أو السفينة ، كما أن الهبوط نفسه يلوح أنه يتم على خطوات تستغل في بعضها كثافة الطبقات السطحية من أجل تقليل السرعة ، ثم تستخدم مظلات الهبوط في آخر مراحل نزول السفينة أو آخر مراحل نزول الركاب — راجع شكل (١١) .

ولكي لاتسرى الحرارة المكتسبة من الاحتكاك أو من الإشعاع الخارجي الوفير في أعالي الجو إلى داخل القمر الصناعي ، وكذلك لكي لاترتفع درجة حرارة السطح الخارجي إلى معدلات كبيرة تستغل ظاهرة اللمعان[1] في الحد من هذه الظاهرة ، وكذلك يصنع جدار القمر من سبائك من عدة طبقات رقيقة بعضها فوق بعض . هذا كما قد تستخدم بعض

(١) المعروف أن الجسم الأسود هو أكثر الأجسام امتصاصا للأشعة والعكس بالعكس .



شكل (١١) تمثل حلة الفراغ المعدة للنزول القريب

الغازات غير القابلة للاشتعال فى عزل الجسم الداخلى للقمر عن جداره الخارجى .

والهدف الثالث الذى يحاول العلماء تحقيقه بعد ذلك هو بناء محطات الفضاء . وهناك اختلاف كبير بين محطات الفضاء والأقمار الصناعية، لأن محطة الفضاء ستكون مصممة بحيث تصبح قادرة على استقبال الصواريخ المرسلة إليها من الأرض وإطلاق سفن الفضاء نحو القمر أو اى كوكب من الكواكب ، وستكون بها معامل ومراصد مجهزة تجهيزاً كاملا ، يعمل فيها عدد من الأشخاص الذين يقومون بدراسة الفضاء وظاهراته المختلفة ، وهذا كله يتطلب حتما ان تكون المحطة كبيرة الحجم . ويذهب العالم الروسى زيولكوفسكى إلى أبعد من ذلك فيقول : إنه سيكون فى استطاعة الأشخاص المشتغلين على محطة الفضاء أن يقوموا بزراعة مايلزمهم من خضروات فى بيوت زجاجية مكيفة تكييفا هوائيا خاصا فوق المحطة ، وتستخلص هذه النباتات الكربون من ثانى أوكسيد الكربون الذى يخرج مع هواء الزفير ، وتعيد الأوكسيجين خالصا .

ومن بين المشاريع التى يدرسها العلماء فى الوقت الحاضر لتصميم محطة الفضاء أن تبنى من عدد من الصواريخ الكبيرة

التى يثبت بعضها إلى جانب بعض بطريقة فنية خاصة ، و بعد أن تبنى المحطة وتجرب قرب سطح الأرض تفك وترسل أجزاؤها مستقلة بعضها عن بعض إلى مدار فى الفضاء يحدد من قبل حيث تجمع أجزاؤها بوساطة رجال الفضاء وهم يلبسون حلل الفضاء .

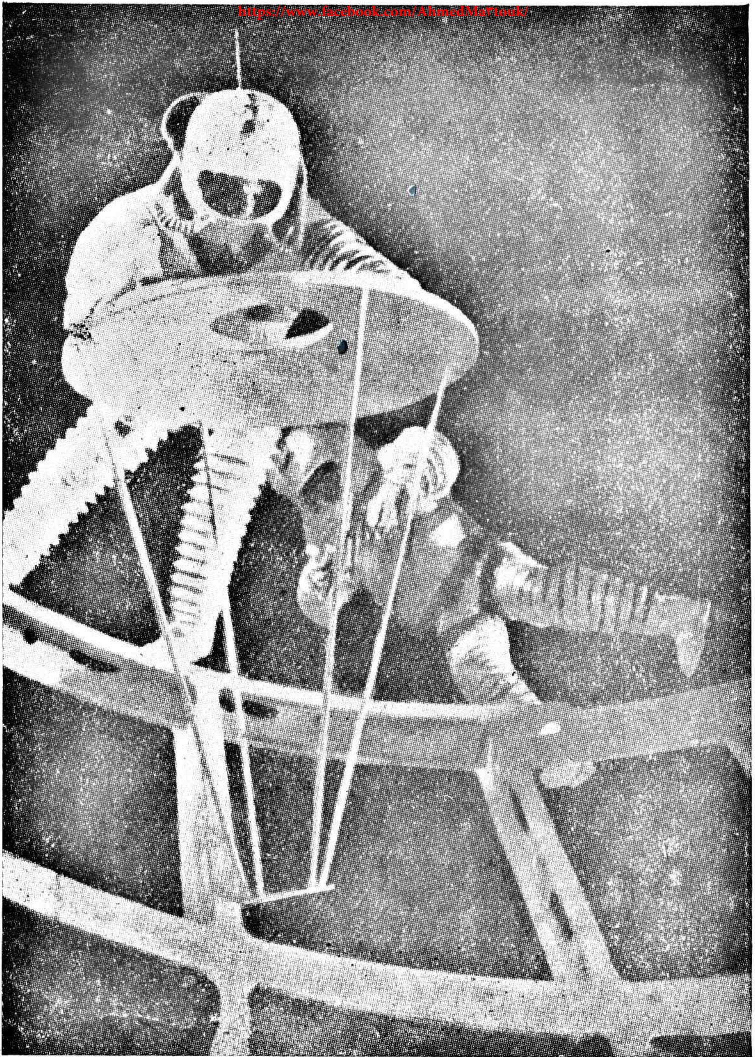
ولتنفيذ هذا المشروع يرسل أولا صاروخ من ثلاث اوأربع مراحل ، وبعد أن يستقر هذا الصاروخ فى ملكه يرسل إلى نفس الفلك صاروخ آخر من نفس النوع ، ويتبعه صاروخ ثالث ورابع وخامس وهكذا ، ثم تتجمع كل هذه الصواريخ فتتكون منها كتلة واحدة ،وستكون فى هذه الصواريخ غرف محكمة يكيف الهواء فيها تكييفا خاصا ، وهذه الغرف هى التى سيستخدمها ملاحو المحطة ليعيشوا فى بعضها ويحولوا بعضها الآخر إلى معامل للأرصاد والأبحاث ومن الممكن جداً أن تحول خزانات الوقود التى أفرغت فى عملية الصعود إلى غرف لنفس هذه الأغراض .

وبعد أن يتم تركيب المحطة ويستتب أمرها ترسل إليها فى الوقت المناسب جميع الأجهزة والمعدات اللازمة ، وإذا كان هناك بعض الوقود الذى ما زال متخلفا فى الخزانات فمن الممكن الاستفادة منه فى أغراض مختلفة على المحطة مثل

الطهى والإضاءة ، وتجارب المعامل المختلفة . وقد يستخدم الإشعاع الشمسى الوفير فى أعالى الجو لهذا الغرض .

ونظرا لانعدام الجاذبية ، وانعدام الشعور بالوزن فى الفضاء فكر العلماء فى خلق جاذبية صناعية تساعد الموجودين فى المحطة على مقاومة الشعور بعدم الوزن حتى تكون حياتهم قريبة من الحياة العادية التى ألفوها على الأرض . ويمكن أن تخلق هذه الجاذبية الصناعية بوساطة القوة الطاردة المركزية بأن تدور المحطة حول مركزها .

وإلى جانب التصميم الذى سبق وصفه ، هناك تصميمات أخرى منها ان تبنى المحطة على شكل طوق ضخم عظيم السمك ، يقسم من الداخل إلى أقسام تكون بمثابة غرف يستخدم بعضها للسكن ويحول بعضها الآخر إلى معامل للأبحاث . ومن مشاريع بناء محطات الفضاء كذلك ما تم تصميمه على شكل حلقة كبيرة مفرغة لا يقل قطرها عن ٢٥٠ قدما ، وتدور حول الأرض أو حول الأرض والقمر معا . والمفروض أن يتم بناء هذه المحطات على دفعات عديدة بسفن صاروخية متعددة المراحل تقلع من الأرض حاملة أجزاء المحطات إلى ارتفاع فلكها ليجمعها



شكل (١٢) المختصون يجمعون اجزاء محطة الفضاء

العمال وهم يرتدون ملابس الفضاء ويتمون تركيبها كما فى شكل (١٢).

وإن اختفاء معالم الجاذبية التى تعودها البشر على الأرض فى الأقمار الصناعية ومحطات الفضاء أثناء سبحها من حول الأرض تكون له بعض المتاعب[1] بسبب اللبس فى بعض الحواس، فالعمال برغم تحركهم بسرعة مثلا ١٨٠٠٠ ميل فى الساعة تسقط عنهم فكرة الأوزان؛ وهذه فقط أولى الصعوبات التى يتعرضون لها. ولكن ما قيمة ذلك بالنسبة لما يشاهدون؟ إن المزايا التى يكتسبها رجال محطة الفضاء تفوق حدود الوصف والخيال: فهم مثلا عندما يسلطون منظارا فلكيا على الأرض وأهلها يمكنهم أن يكشفوا كل ما يجرى فى هذا العالم من حوادث، وعلى الأخص تجمعات الجيوش وحشود الأساطيل ونحوها.. فإنها كلها تبدو واضحة جلية. ولهذا السبب سيكون لمحطة الفضاء

(١) تسمى هذه الظاهرة أيضا بظاهرة انعدام الوزن، والسبب فى حدوثها تعادل قوى جذب الأرض مع القوة الطاردة المركزية الناتجة من السبح من حول الأرض. فليس من شك أنه لولا هذه القوة الطاردة لهوى القمر بمن فيه متثاقلا إلى الأرض، إلا أن قوة الجذب تعادل تماما قوة الطرد وكأنما تمحو إحداها الأخرى، فتختفى معالمها تحت مثل هذه الظروف.

قيمة حربية فريدة ، وإن الدولة التى تسبق فى بناء محطة الفضاء سوف يكون لها حتما السيادة على الأرض ومن فيها .

ولقد بنى «فون براون» إحدى المحطات واختار فلكها لهذا الغرض بالذات ، فجعل المسار يتجه من الجنوب إلى الشمال وتتم المحطة دورتها فيه خلال ساعتين فقط ، على حين تدور الأرض فى الاتجاه المتعامد ، وبذلك يتم كشف كافة أرجائها من تلك المحطة كما سبق أن بينا . أما من وجهة نظر العلم البحتة فربما كان أى مسار آخر أفضل ، على أننا لا ننكر أن مثل ذلك المسار الذى يمر بالقطبين يعطى الفرصة السانحة لأصحاب محطة الفضاء التى تسبح فيه ليجمعوا معلومات لا حصر لها بخصوص تجمعات السحب المختلفة فى جو الأرض . ومهما يكن من شىء فقد بدىء فعلا بتصوير السحب المثارة فى جو الأرض بالأقمار الصناعية كما سنذكر فيما بعد ، وربما أمكن ضبط التنبؤات الجوية بدقة ملحوظة فى ظل هذه الأرصاد أو مدّ فتراتها إلى أوقات أكبر . ولعل أهم المسارات قاطبة تلك التى تقع على مستوى خط الاستواء أو بالقرب منه ، فإن محطات الفضاء التى تسبح فى مثل هذه المسارات يمكن استخدامها فى إعادة الإذاعات اللاسلكية والتليفزيون كما قدمنا .

والأرصاد التى تجمعها محطات الفضاء لها مزايا علمية فريدة ، لأن الغلاف الجوى المحيط بالأرض له تأثيره السىء على أغلب الأرصاد المأخوذة من على سطح الأرض : فهو يحجب عنا كثيرا من أشعة الشمس فوق البنفسجية ويصفّيها ويحول دون دراستها ، وكذلك الحال مع الأشعة الكونية . كما أن العلوم الفلكية سوف تحظى بتقدم مرموق . ولما كانت جميع الأجسام هناك لا وزن لها فإنه يمكن تشييد مناظير فلكية عظيمة تسبح فى عزلة الفضاء ويتم الإشراف عليها من محطة الفضاء التى على كثب منها . ومجمل القول إن تشييد محطات الفضاء سيمنح العلماء مغانم ومزايا لا حصر لها ولا عدّ .

أما ارتفاع الفلك الذى تدور فيه محطات الفضاء عن سطح البحر فيجب ألا يقل عن ارتفاع الغلاف الكثيف المحيط بالكرة الأرضية ، لأن وجود المحطة داخل حدود هذا الغلاف يعرضها لمقاومة الهواء ، مما يقلل من سرعتها ويؤدى فى النهاية إلى تساقطها ، ومع ذلك يجب ألا يزيد ارتفاع المحطة زيادة كبيرة ليس لها ما يبررها حيث تتوفر الأشعة الكونية ، ولأنه كلما زاد الارتفاع زادت صعوبة الاتصال بين المحطة والأرض . والمعتقد أن أصلح ارتفاع يمكن أن يحقق الغرضين معا هو ٢٥٠ كيلومترا تقريبا

فوق سطح البحر ، لأن الهواء على هذا الارتفاع يكون مخلخلا بدرجة كبيرة ، ولا يكون هناك فرق يذكر بينه وبين الفضاء ، كما أن المحطة تكون قريبة نوعا ما من الأرض ، فالمعروف أن كثافة الهواء تتناقص سريعا كلما ارتفعنا عن سطح البحر ، حتى أن الكثافة على ارتفاع ٧ كيلو مترات تقريبا تعادل أقل من نصف قيمتها عند سطح البحر ، ثم تنخفض إلى أقل من الثلث على ارتفاع عشرة كيلومترات ، وإلى اقل من العشر على ارتفاع ١٨ كيلومترا . أما على مستوى ١٥٠ كيلومترا فيكون الهواء مخلخلا جدا لدرجة أن الشهب تكاد لا تحترق عند اندفاعها خلاله ، على الرغم من أن سرعتها عندئذ تقارب عشرة أمثال سرعة محطة الفضاء ، ولهذا فإن المحطة تكون فى مأمن من التأثر بهواء الأرض ، إذا ما استقرت على ارتفاع ٢٥٠ كيلومترا .

وسواء استقرت المحطة فى فلكها المحدد لها على هذا الارتفاع أو على أى ارتفاع آخر فإن العلماء سيواجهون مشكلة إبقائها دائرة فى هذا الفلك بسرعة ثابتة[1] ، لأن أى انخفاض فى سرعة

(١) قد تتغير هذه السرعة تحت تأثيرات ضغط الإشعاع الشمسى ، إما بالزيادة إذا كانت فى نفس الاتجاه ، أو بالنقصان إذا كانت فى =

دورانها قد يترتب عليه سقوطها نحو الأرض واحتراقها عند اندفاعها فى الغلاف الغازى كما يحدث للشهب والأقمار الصناعية. ومن الوسائل التى يمكن الاستعانة بها على حل هذه المشكلة أن يثبت فى المحطة عدد من المحركات الصاروخية التى تكون معدة للعمل فى اى وقت من الأوقات لإعطاء المحطة سرعة إضافية إذا ما دعت الضرورة إلى ذلك. وفضلا عن هذا فمن الواجب أن تكون هناك معدات ووسائل إضافية كافية لضمان إنقاذ حياة الأشخاص الموجودين على المحطة إذا ما تعرضت محطتهم لأى خطر، وذلك إما بنقلهم إلى محطة أخرى أو بنقلهم إلى الأرض بوساطة الطائرات المنزلقة والمحركات الصاروخية.

ومن أهم وظائف محطات الفضاء، غير ما ذكرنا، استخدامها لتسهيل عمليات السفر عبر الفضاء إلى الكواكب، حيث أنها ستكون بمثابة درجة تنطلق منها سفن الفضاء بدلا من انطلاقها من سطح الأرض تحت الجاذبية الكاملة وخلال طبقات الهواء السفلى السميكة، وفى هذا توفير عظيم للوقود والطاقة. ويمكننا

= اتجاه مضاد. فالمعروف أن الإشعاع الشمسى ضغطه الخاص الملموس خارج نطاق جو الأرض، خصوصا إذا زادت مساحة الجسم بالنسبة إلى كتلته.

أن ندرك مقدار هذا الوفر إذا عرفنا أن الصاروخ الذى ينطلق من الأرض ليصل إلى القمر أو المريخ يجب أن تبلغ سرعته ١١,٢ كيلو متراً فى الثانية ، حتى يستطيع أن يتخلص من الجاذبية الأرضية . أما إذا انطلق هذا الصاروخ من محطة الفضاء فإن السرعة المطلوبة تهبط إلى ما يتراوح بين ٣ إلى ٤ كيلو متراً فى الثانية فقط . ويقدر العلماء بأن الصاروخ الذى يزن عشر أطنان لن يحتاج إلى أكثر من ١٢ طناً من الوقود لكى يتمكن من الوصول إلى القمر والدوران حوله إذا بدأ رحلته من محطة الفضاء ، أما إذا انطلق من الأرض لنفس الهدف فإنه يحتاج إلى ١٥٠ طناً من الوقود الجيد على أقل تقدير .

ويعتقد البعض أن القمر الطبيعى نفسه يمكن أن يحل محل محطة الفضاء الصناعية عند السفر إلى المريخ أو إلى أى كوكب آخر ، ولكن أغلب العلماء يرون أن هذه الفكرة غير سليمة لأسباب عديدة ، من أهمها أن القمر نفسه يبعد بعدا شاسعاً عن الأرض ، وأنه على الرغم من أن جاذبيته أقل حتما من جاذبية الأرض إلا أنها عظيمة فى حد ذاتها . ولهذا فإن عملية هبوط الصاروخ إلى سطحه ثم انطلاقه منه تحتاج إلى كميات وفيرة من الوقود ، لا تقل كثيراً عن الكميات التى تلزم لانطلاقه من الأرض وهبوطه إليها .

والقمر الذى يرسل ليدور حول الشمس هو فى الواقع بمثابة الكوكب الصناعى . وأطلق الروس اول كوكب صناعى ليتم دورة كاملة من حول الشمس فى ١٥ شهراً وكان وزنه ٢٢٣٨ رطلا منها ٧٩٥ رطلا للوقود وبعد ذلك بمدة نجحت أمريكا فى إطلاق أول كوكب صناعى وزنه ٩٠ رطلا ليدور فى فلكه من حول الشمس إلى الأبد على بعد ٥٠ مليون ميل من الأرض بحيث يقع مداره بين الأرض والزهرة ، وأطلقت عليه اسم « المستكشف الخامس » ، فاستقر فى فلكه بعد مضى نحو خمسة اشهر من إطلاقه ، ويتم هذا الكوكب دورته حول الشمس بمعدل مرة كل ٢١١ يوماً من أيامنا على الأرض . وقد استخدم فى إرسال هذا الكوكب الصناعى صاروخ من ثلاث مراحل وانطلق الكوكب بسرعة بلغت نحو[1] ١٢٫٢ من الكيلومترات فى الثانية وارسل الكوكب إشاراته اللاسلكية بوضوح وهو فى طريقه إلى الشمس بعد أن انفصل عن المرحلة الثالثة من

(١) لاحظ أن هذا الكوكب بدأ يدور حول الشمس بسرعة أكبر من سرعة دوران الأرض نفسها فسرعة دورانه بلغت حدود ٧٧٥٠٠ ميلا فى الساعة بينما سرعة سبح الأرض هى فى حدود ٦٦٠٠٠ ميلا فى الساعة .

الصاروخ الذى حمله إلى الفضاء خارج نطاق جذب الأرض .

وكان الغرض من إرسال هذه الكواكب هو دراسة الغازات المنتشرة بين الكواكب ، وكذلك الذرات السابحة فى الفضاء ، وتحديد العلاقة بين الشمس والأرض ثم دراسة المجالات المغناطيسية ، ثم أحزمة فان آلين — راجع كتاب الفضاء الكونى رقم ٣٧ السلسلة الثقافية — هذا بالإضافة إلى ابتكار وسائل جديدة لقياس أبعاد الكون والمسافات بين الكواكب والأرض بطرق محددة تحديداً علميا دقيقا ، وإمكانيات استغلال الطاقة المغناطيسية فى تلك الأرجاء والاستغناء بها عن الوقود المنقول من الأرض .



سفينة الوصول إلى القمر

ليس هناك تصميم فريد معين لبناء سفن الفضاء ؛ لأن هذا التصميم إنما يتوقف قبل كل شيء على الغرض الذى ستستخدم فيه السفينة ، ولهذا نجد مثلا بعض أوجه التباين بين السفينة التى يراد لها أن تهبط على سطح القمر والسفينة التى يراد لها أن تدور حوله فقط دون أن تهبط على سطحه ، كما ان السفينة التى يراد لها أن تسافر من الأرض إلى المريخ لابد أن تكون مختلفة عن السفينة التى يراد لها السفر من الأرض إلى الزهره ، وفضلا عن ذلك فإن نوع الوقود المستخدم له علاقة وثيقة بالتصميم لأن السفينة التى تستخدم فيها الطاقة الذرية لا بد أن تكون مختلفة اختلافا كبيراً فى تركيبها عن السفينة التى يستخدم فيها الوقود السائل أو الوقود الكيميائى أو الطاقة الشمسية ، ومع ذلك فإن هناك شروطا عامة يجب أن تتوفر فى جميع سفن الفضاء . ونحن يمكننا أن نشبه سفينة الفضاء مهما اختلف نوعها وغرضها بالغواصة فى قاع المحيط من حيث أن الملاحين فى كل منهما يكونون بمعزل تام عن الوسط الذى

يحيط بهم ، ولهذا السبب يجب أن تكون سفن الفضاء مزودة بأجهزة خاصة للتحكم فى تكييف الهواء الذى بداخلها وفى ضغطه ودرجة حرارته .

والذى نلاحظه أن الضغط الخارجى الذى سيقع على سفينة الفضاء يكون مهملا بالنسبة إلى الضغط الخارجى الذى يقع على جسم الغواصة ويعتبر هذا عاملا مساعداً على بناء سفينة الفضاء ، لأنه لن يكون من الضرورى جعل شكلها الخارجى انسيابيا أو غلافها سميكا بدرجة تؤدى إلى زيادة ثقلها زيادة كبيرة ، ولكن مع ذلك فإن السفينة ستتعرض أثناء سفرها لصدمات كثيرة قوية من جانب الشهب التى تهوى بلا هوادة فى الفضاء ، ولهذا فمن الواجب أن يكون غلافها مصنوعا بشكل يحميها من هذا الخطر . ولعل خير طريقة لذلك أن يكون هذا الغلاف مكونا من أكثر من طبقة واحدة رقيقة .

ومن الضرورى أن يغطى الغلاف الخارجى للسفينة بطبقة معدنية لامعة ، لأن وجود هذه الطبقة اللامعة يؤدى إلى انعكاس الأشعة نحو الخارج ويحول دون تراكمها أو وصولها إلى جسم السفينة ، كما لابد أن يتوصل العلماء كذلك إلى ابتكار طريقة خاصة يمكن بواسطتها حماية الملاحين من الأشعة الكونية التى

هى شديدة الخطورة على حياتهم ، وكذلك من أى إشعاعات أخرى مجهولة يثبت وجودها فى أحزمة فان آلين مثلا . أما الإشعاعات الأخرى غير الضارة مثل الأشعة الضوئية والحرارية فيمكن لملاحى السفينة الاستفادة بها فى أغراض الإضاءة والتدفئة أو مصدراً للطاقة والحركة بسبب وفرتها وغزارتها فى الفضاء .

وبالإضافة إلى سفن الفضاء الكبرى التى سترسل إلى القمر أو إلى أحد الكواكب السيارة ، تتضمن بعض المشروعات عمل نوع آخر صغير من السفن تكون مهمته التنقل ما بين الأرض ومحطة الفضاء . ولن يكون هذا النوع مختلفا اختلافا كبيراً عن الصاروخ المعتاد متعدد المراحل إلا فى جعله قادراً على الحركة وحمل الإنسان والأدوات والأجهزة ومواد الغذاء إلى المشتغلين فى المحطة . ويقدر حجم السفينة التى من هذا النوع بحجم طائرة الركاب المتوسطة ، وسيبلغ وزنها عند انطلاقها عدة مئات من الأطنان ، وستكون فى مقدمتها غرفتان صغيرتان إحداها للبضائع والثانية للملاحين . ولن تختلف طريقة إطلاق مثل هذه السفن كثيراً عن طريقة إطلاق الصاروخ متعددة المراحل ، إذ أنها ستنطلق ذاتياً بمساعدة عدد من

الصواريخ المساعدة، أو المراحل التى تركب إحداها فوق الأخرى وكلما انتهت مرحلة من المراحل من عملها هبطت نحو الأرض بمساعدة مظلة الهبوط (الباراشوت) أو بمساعدة أجنحة خاصة تنشر من تلقاء نفسها حتى لا تضيع.

ويقدر العلماء أن المدة التى تستغرقها رحلة السفينة من الأرض إلى لحظة استقرارها نهائياً فى محطة الفضاء ستكون غالباً أقل من ساعة، ولهذا السبب فإن هذه السفينة، لن تحتاج إلى نفس الأجهزة المعقدة التى تلزم لضمان حياة الإنسان فى سفن الفضاء الكبيرة لمدة طويلة، بل تكفى لذلك أنواع مبسطة من الأجهزة.

أما السفن الكبيرة التى تخصص للسفر إلى القمر أو المريخ أو أى كوكب من الكواكب فتختلف فى تصميمها باختلاف الغرض الذى ستخصص له. فإذا كان الغرض هو الاقتراب من القمر ثم الدوران حوله لدراسته دون الهبوط على سطحه، بفرض ابتداء الرحلة من محطة الفضاء ثم العودة للهبوط رأساً على الأرض تكون أهم أجزاء السفينة المقترحة هى:

١ — صاروخان مزدوجان قويان وكبيران فى الحجم، يمكن أن ينفصلا أو يلتصقا جنبا إلى جنب بحسب الحاجة.

٢ – ثلاثة أزواج من الخزانات الاسطوانية الضخمة لحمل الوقود والأوكسيجين ، يكون زوج منها مثبتا فى منتصف السفينة والزوج الثانى فى مقدمتها والثالث فى المؤخرة .

٣ – طائرتان منزلقتان لهما أجنحة تُنشَر ذاتيا (من تلقاء نفسها) لتسهيل عملية هبوط الملاحين خلال الغلاف الهوائى فى المرحلة الأخيرة من الرحلة . ولا يشترط فى تصميم هذه السفينة أن يكون شكلها الخارجى انسيابيا وذلك لأن انطلاقها من محطة الفضاء لايجعلها تتعرض لأى مقاومة هوائية ، ولكن بقى أن تعرف كيف تنقل السفينة من الأرض إلى محطة الفضاء قبل بدء الرحلة .

المفروض هو أن تبنى السفينة وتختبر اختباراً دقيقا على الأرض ، وبعد ذلك تفكك وتُنقل أجزاؤها إلى محطة الفضاء بوساطة سفن أخرى من السفن التى تعمل بين الأرض وهذه المحطة ، كما ينقل الوقود والطعام والأجهزة المختلفة بنفس الطريقة . وبعد تجميع السفينة على محطة الفضاء وشحنها بكل ما يلزمها من زاد وعتاد تنطلق مباشرة فى الفضاء بقوة محركاتها التى تعتمد فى هذه المرحلة من مراحل رحلتها على الوقود

والأكسيجين المخزونين فى الخزانين الموجودين فى الأجزاء الوسطى من السفينة .

ويلاحظ أن ربابنة السفينة لا يستقرون فى هذه المرحلة من الرحلة فى قلب السفينة نفسها بل يكونون فى الطائرتين المنزلقتين الملحقتين بها ، إلا أنهم لا يمكثون على هذه الحال إلا بضع دقائق فقط يكون الوقود والمادة المؤكسدة قد نفذا خلالها من الخزانين الأوسطين ، وعندئذ يهبط الملاحون من الطائرتين إلى الخزانين للعيش فيهما حتى نهاية الرحلة . وسوف تكون هذه الخزانات من غير شك مصممة بشكل يجعل من السهل استخدامهما كغرف للحياة وقيادة السفينة . ومن الممكن إزالة آثار الوقود الباقية بوساطة فتح نافذة صغيرة جدا حيث أن هذا سيؤدى حتما إلى تبخر هذه الآثار تماما فى بضع ثوان تغلق بعدها النافذة .

ويلاحظ أن السفينة تكون وقتئذ منطلقة فى الفضاء بقوة دفعها الذاتية دون الحاجة إلى استخدام المحركات أو استهلاك أى شىء من الوقود .

ومهما تناقصت سرعة السفينة بعد ذلك فإنها لا تلبث ، بعد مرور أيام على بدء انطلاقها من محطة الفضاء ، أن تدخل

فى نطاق جاذبية القمر ، وعندئذ تأخذ سرعتها فى الازدياد تدريجيا حتى تصل إلى حدود ٥ر٢ كيلومترا فى الثانية . وذلك عندما تكون على بعد مائة كيلومتر تقريبا من القمر . وفى تلك اللحظة يجب أن يعمل قائد السفينة على تجنب مصادمتها بسطحه ، ولهذا فإنه مرة أخرى يعود إلى تشغيل محركات السفينة معتمدا فى هذه المرة على الوقود والأوكسيجين الموجودين فى خزانى المؤخرة ، ويكون هدفه من ذلك هو تخفيض سرعة السفينة إلى الحد الذى يجعلها تأخذ حركة دورانية ، وبعبارة أخرى يحولها إلى قمر صناعى أو قمر للقمر الأصلى . والسرعة المطلوبة لهذا الغرض فى ذلك المستوى هى ٧ر١ كيلومترا في الثانية .

ومن المقدر ان يكون ارتفاع السفينة عن سطح القمر عند دورانها بهذا الشكل هو ١٠ كيلومترات تقريبا ، وأن الدورة الواحدة من دورانها تستغرق خمسين دقيقة . وسيكون فى مقدور ملاحيها أن يروا وهم على هذا الارتفاع تفاصيل سطح القمر بالعين المجردة ، بما فى ذلك الأشياء التى لا يزيد طولها على مترين أو ثلاثة أمتار فقط .

والسفينة خلال دورانها هذا حول القمر ستكون مدفوعة ذاتيا ، دون الحاجة إلى أى وقود أكثر مما كان مخزونا

فى خزانى المؤخرة اللذين لن تكون لهما أية فائدة للسفينة بعد نفاذ كل ما بهما ، ولذلك ربما يكون من الأفضل فصلهما بعد أن تثبت فيهما بعض الأجهزة لتسجيل الظاهرات المختلفة حول القمر ، وإرسال إشاراتها بالراديو إلى الأرض ، كما يحدث فى الأقمار الصناعية ، إذ أن الخزانين سيستمران فى دورانهما حول القمر لمدة طويلة حتى بعد أوبة السفينة من رحلتها .

وبعد أن ينتهى الملاحون من دراسة سطح القمر وجمع الصور اللازمة عنه ، يعود قائد السفينة إلى استخدام المحركات الصاروخية مرة أخرى معتمدا فى هذه المرة على الوقود والأكسيجين المخزونين فى الخزانين المثبتين فى مقدمة السفينة ، وذلك للزيادة من سرعتها وإخراجها من نطاق جاذبية القمر ، ثم العودة بها بعد ذلك نحو الأرض . وعندما تدخل فى نطاق الجاذبية الأرضية تتزايد سرعتها ثم لا تلبث أن تدخل بعد ذلك فى أخطر مرحلة من مراحل رحلتها عندما تبدأ اختراق الغلاف الغازى المحيط بالكرة الأرضية وعندئذ يهجرها ملاحوها ليستقلوا الطائرتين المنزلقتين الملحقتين بها ثم يفصلونهما عنها ويستخدمونهما فى الهبوط تدريجيا نحو الأرض . والمفهوم أن هاتين الطائرتين سترتطمان بالغلاف الغازى السميك قرب

السطح ويؤدى هذا الارتطام إلى ارتدادها عدة مرات إلى أعلى ، تماما كما يحدث لكرة من المطاط عندما تلقى على سطح البحر فى اتجاه أفقى تقريبا ، ويترتب على ذلك تناقص سرعتهما ليأخذا طريقهما بالتدريج نحو سطح الأرض .

أما السفينة نفسها فغالبا ما تلقى أحد مصيرين : إما أن تندفع بشدة نحو الأرض خلال الغلاف الغازى ، فيؤدى احتكاكها الشديد بالهواء إلى احتراقها كما تحترق الشهب سواء بسواء ، وإما أن تأخذ حركة دورانية مستمرة حول الأرض إذا كانت سرعتها تسمح ، واتجاهها كذلك ، بحدوث هذه الحركة ، ويكون شأنها فى ذلك شأن أى قمر صناعى يدور حول الأرض . وقد تضم إليها بعض المعدات منذ بدء الرحلة للعودة بها إلى سطح الأرض سالمة كذلك .

والآن بقى أن نتساءل : هل من الضرورى أن تتحول السفينة عند اقترابها من القمر إلى تابع له يدور من حوله .

الغالب أن هذا الجزء من الرحلة ليس هاما ، ومن الممكن حذفه بسهولة ، وفى هذه الحالة سيكون من الممكن توفير الوقود الذى يستهلك فى عملية تحويل السفينة إلى تابع للقمر أولا ، ثم فى عملية إبعادها عنه وتوجيهها نحو الأرض ثانيا .

أما المحركات فلن تستخدم إلا لإكساب السفينة السرعة التى تكفى لتوصيلها إلى القمر بقوة الدفع الذاتى ، مع ملاحظة انها ستكون متأثرة إلى حد ما بجاذبية الأرض على النحو الذى سبق شرحه .

وكما ذكرنا تأخذ سرعة السفينة فى التناقص بعد انطلاقها تناقصا تدريجيا غير محسوس حتى تعبر الفلك الذى يدور فيه القمر ، وعندئذ تكون السرعة قد وصلت إلى حدها الأدنى فتبدأ السفينة فى العودة إلى الأرض ؛ حيث يأخذ خط سيرها فى الذهاب والعودة شكل قطع ناقص . وحتى فى هذه الرحلة المختصرة سيكون فى مقدور ملاحى السفينة عند مرورهم بالقمر فى الذهاب والعودة أن يدرسوه ويأخذوا صورا لكل اجزائه مستغلين فى ذلك دوران القمر حول نفسه .

وإذا كان الغرض هو الهبوط الفعلى على سطح القمر فإن مشكلة الوقود ستكون من أهم المشاكل التى تعترض سبيل هذا المشروع ، وذلك لأن السفينة سوف تحمل كميات ضخمة من الوقود لاستخدامها فى عمليتى الهبوط إلى القمر والصعود منه . ففى حالة الهبوط تكون السفينة مزودة حتما بصاروخين على الأقل مثبتين فيها ، ويعملان فى اتجاه مضاد لحركتها ،

وذلك للاستعانة بهما على تخفيض سرعتها عند هبوطها حتى لا تنهشم تماما عند مصادمتها لسطح القمر ؛ وكمية الوقود التى تلزم لهذه العملية ضخمة حقا نظرا للسرعة العظيمة التى تكون السفينة مندفعة بها ، خصوصا وان جاذبية القمر تعتبر عاملا مهما يساعد على زيادة تلك السرعة .

وجدير بالذكر ان الغلاف الغازى المحيط بالقمر رقيق جدا بدرجة لا تجعل له اثرا واضحا يساعد على تقليل سرعة اندفاع السفينة عند هبوطها ، وذلك بخلاف الحال عند الهبوط على سطح الأرض . وإن عدم وجود غلاف غازى له كثافة تذكر حول القمر سيجعل من المحتم على الملاحين عند نزولهم هناك أن يلبسوا حلل الفراغ ، وهى مكيفة تكييفا كليا من حيث الضغط والحرارة والرطوبة وغيرها بطبيعة الحال ، على النحو الممثل فى شكل (١٣) . اما شكل (١٤) فهو يبين تفاصيل رحلة سفينة فضاء هدفها الدوران حول القمر .

مراحل الرحلة هى :

١ — انطلاق السفينة من محطة الفضاء .

٢ — وصولها إلى مجال القمر وبدء تحولها إلى تابع له .

٣ — مدارها حول القمر .

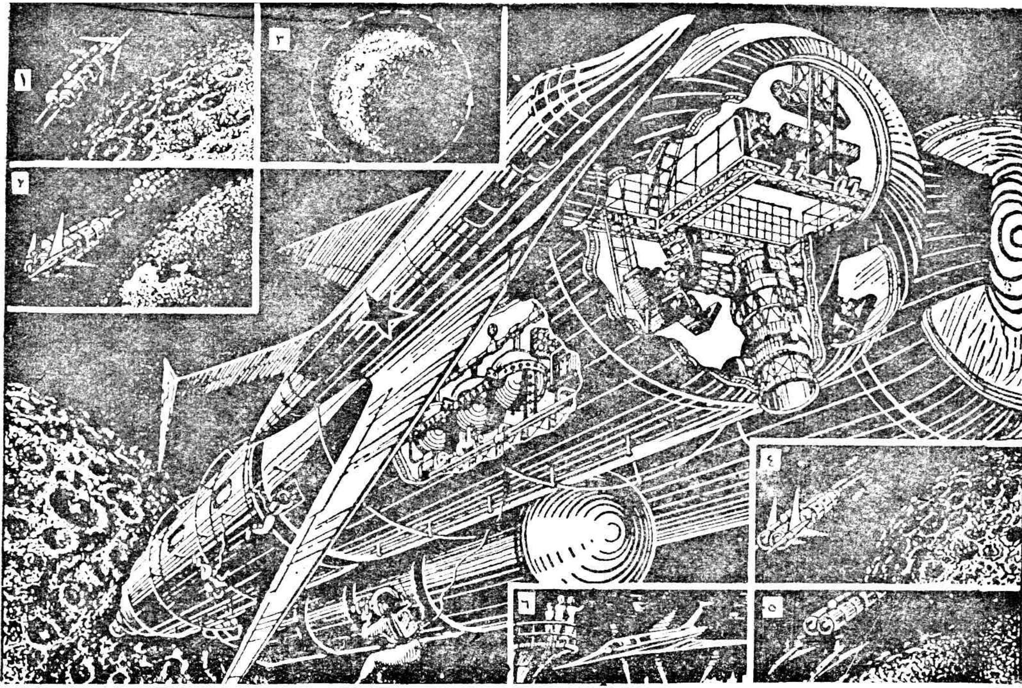
٤ — ابتعادها عن القمر و بدء عودتها إلى الأرض .

٥ — اقتراب السفينة من الغلاف الغازي المحيط بالأرض وانفصال الطائرات المنزلقة عنها .

٦ – وصول الطائرات المنزلقة بملاحي السفينة إلى الأرض .



شكل (١٣) يمثل رجال الفضاء على ظهر القمر .



شكل (١٤) تصميم روسي لسفينة فضاء هدفها الدوران حول القمر

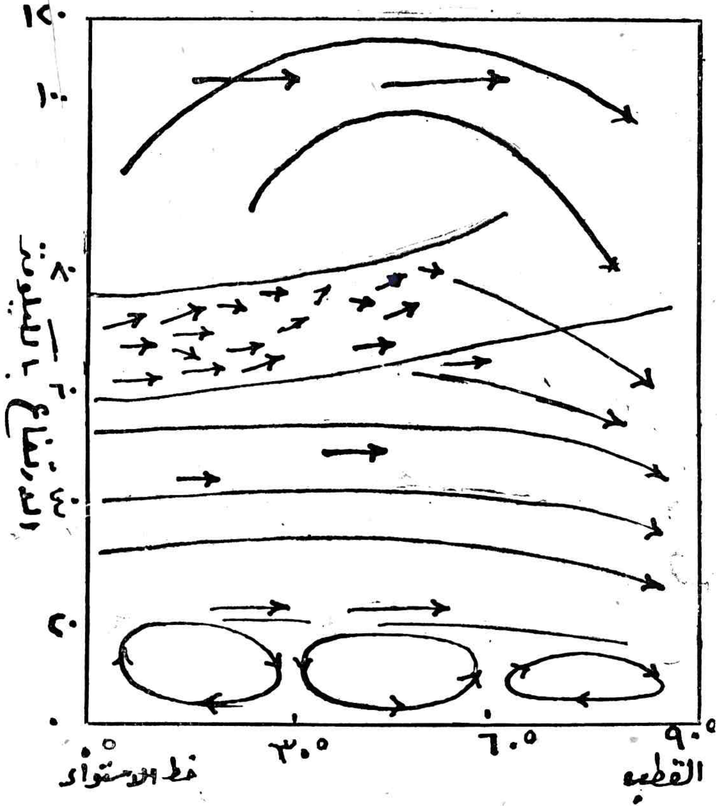
العلم لا يقف عند حدّ

وإذا كان ما ذكرناه هو جانب من كفاح البشر فى مضمار الوصول إلى القمر ، فانه ليس من شك ان جانبا كبيرا من نتاج هذا الكفاح يبقى سرا من أسرار الأمم ، تحتفظ به لفائدتها أو تستفيد منه فى خدمة قواتها ، إلا أن الركب يسير وآفاق المعرفة تتسع ، وفى كل يوم يستخدم الإنسان نوعا جديدا من الطاقة أو القوى المدخرة بين ثنايا هذا الوجود : فى دقائق المادة كالطاقة الذرية أو حتى المنتشرة بين أرجاء الفضاء كالطاقة الشمسية التى نجح الإنسان فى استخدامها فى تسيير سفن الفضاء ودفعها دون الحاجة إلى وقود يدخره او سائل يحمله من الأرض .

واليوم يرسل العلماء الصواريخ إلى اعالى جو الأرض ، او إلى الفضاء عبر مئات الكيلومترات بكل دقة ، وقد أدخلوا فى تقديراتهم حساب كافة العوامل الجوية التى تؤثر على خط سير الصاروخ وسرعته : مثل الضغط والكثافة ودرجة الحرارة والرياح فى طبقات الجو المختلفة التى يخترقها الصاروخ .

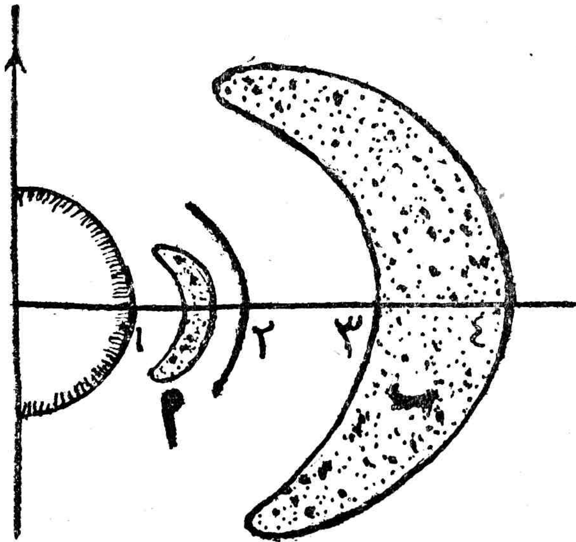
وهم من أجل إنجاز هذا العمل الدقيق عمدوا إلى أخذ أرصاد عديدة استخدموها فى عمل المتوسطات اللازمة لكافة الطبقات ، ورسموا بذلك ما أطلقوا عليه اسم « الجو القياسى » ، وهو عبارة عن غلاف الأرض الغازى الذى يمثل أقرب الحالات إلى الحقيقة من حيث عناصره الجوية . وتعمل التصحيحات اللازمة لكل حالة بما يلائم الجو السائد ساعة الإطلاق ، وبذلك أمكن تفادى أغلب الأخطاء القديمة وزادت الدقة فبلغت درجة عالية . ويستخدم العلماء فى رصد هذه العناصر عادة صواريخ معدة لهذا الغرض بالذات ، وهى تحمل معها المعدات اللازمة لجمع البيانات المطلوبة فى كل حالة . ويعطى (شكل١٥) توزيع الرياح على الطبقات الممتدة إلى علو ١٢٠ كيلو مترا فوق السطح ، كمثل يبين مقدار الاختلاف فى الطبقات المختلفة للغلاف الهوائى .

وعندما سبحت اقمار البشر الصناعية فى الفضاء من حول الأرض شرع العلماء يجمعون المعلومات الوافية عن هذا الفضاء الذى ينتشر فيه مجال الأرض المغناطيسى وعلى الأخص تجمعات الكهارب (والنويات) ذات الطاقات البالغة الشدة التى ترسلها الشمس فى أفواج متلاحقة ، تتزايد كلما نشطت وازدادت بقعها . ويحتجز هذه الاشعاعات مجال الأرض المغناطيسى . ولقد عرفت



شكل (١٥) يمثل توزيع الرياح إلى علو ١٢٠ كيلو مترا فوق السطح
في نصف الكرة الشمالي في الشتاء

هذه التجمعات فيما بعد باسم مكتشفها (فان الين) — راجع شكل (١٦) والمعروف الآن أن هذه التجمعات ، عندما تتراكم وتدخل جو الأرض الخارجي وتدنو وتتدلى قرب القطبين (تبعا لخطوط قوى المجال المغناطيسي) تحدث ظاهرة الوهج القطبي او الفجر القطبي أو الأورورا كما يسميها الفرنجة —



شكل (١٦) احزمة فان آلين الإشعاعية من حول الأرض

ا — حزام فان آلين الداخلي ب — حزام فان آلين الخارجي

راجع كتاب الفضاء الكونى من سلسلة المكتبة الثقافية رقم ٣٧ .

وخلال السنة العالمية لطبيعيات الأرض تضمن مشروع (آرجس) المشهور محاكاة الطبيعة فى عمل حزام مماثل بطريقة صناعية تستخدم فيها التفجيرات الذرية فى أعالى الجو ، وبذلك أمكن عمل (الأورورا) فى أى جزء من جو الأرض صناعيا .

وتبعا لهذا المشروع أجرت أمريكا تجارب نووية فى أعالى جو جنوب الأطلسى ، فجرت قنبلتين من على ارتفاع ٣٠ كيلومتر فوق سطح البحر فى ٢٧ أغسطس سنة ١٩٥٨ ، ثم فى ٣٠ سبتمبر سنة ١٩٥٨ . وبطبيعة الحال انبعثت أثر كل من الانفجارين مقادير لا حصر لها من الكهارب النشطة وظل جانب وفير منها حبيس الفضاء الخارجى المحيط بالأرض على هيئة قشرة رقيقة (هى قشرة آرجس) كما تعرف اليوم ، وذاك تحت تأثير مجال الأرض المغناطيسى . ولقد سجلت أغلب مراصد الأرض الاضطرابات الأثيرية التى نجمت عن هذه التجارب وما لازم تكوين الحزام الصناعي من ظواهر مثل : ظهور الفجر القطبي منيرا أعالى الجو وممتدا إلى أسفل على طول خط قوى المجال المغناطيسى المار بنقطة الانفجارين النوويين ،

وفى جزر الآزور حيث يعود خط قوى المجال المغناطيسى ليدنو من سطح الأرض ويتدلى فى نصفها الشمالى . ومثل الشذوذ فى استقبال أمواج اللاسلكى والرادار ... الخ .

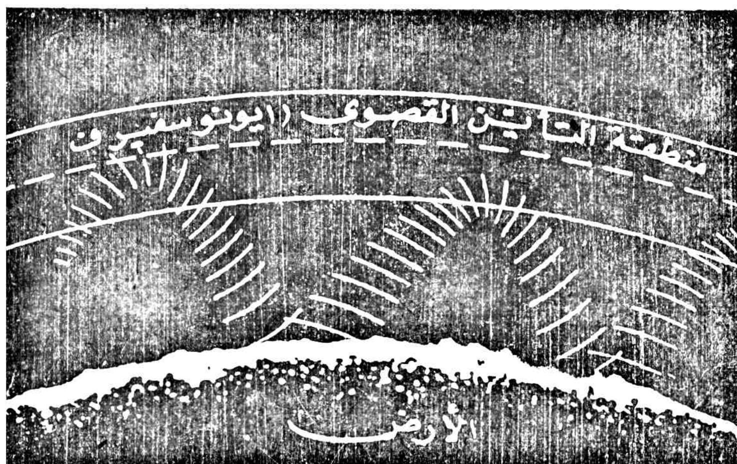
ولكن لا يقف ركب العلم عند حد ، فبعد أن كللت برامج (أرجس) بالنجاح اتجهت الأنظار إلى طبقة الأيونوسفير(١) ، فأمواج الأثير التى تعكسها تجمعات الكهارب فى الأيونوسفير

---

(١) طبقة الأيونوسفير هى الطبقة العليا من جو الأرض وتتصف بقلة الضغط فيها إلى حد كبير ، وكذلك بتحلل غاز الأوكسجين فيها إلى ذرات بفعل الأشعة فوق البنفسجية التى ترسلها الشمس . وأطلق عليها هذا الاسم نظرا لتفكك غازاتها إلى عناصرها الكهربائية أو إلى (أيونات) كما تسمى علمياً — ومن هنا جاء اسم الايونوسفير — وتتجمع الكهارب وتتكدس فى طبقات عديدة داخل الجزء العلوى من غلاف الأرض ، وتعرف هذه الطبقات علميا باسم طبقات د ، ى ، ف . ومن خصائصها أنها تعكس أو ترد أمواج اللاسلكى ، بمعنى أن الأمواج التى تصل إلينا من محطات الإذاعة ليست هى الأمواج المرسلة مباشرة ، وإنما هى الأمواج المرتدة أو المنعكسة خلال تلك الطبقات من جو الأرض العلوى . ولدراسة هذه الطبقات أهمية خاصة فى أعمال الإذاعة اللاسلكية . وتدخل هذه الدراسات ضمن برامج الطبيعة الجوية فى كلية العلوم وتتصل بالمواصلات بعيدة المدى .

داخل الطبقات المتباينة على النحو الممثل فى شكل (١٧) يمكن أن يستغلها الإنسان لفائدته ، ولهـذا شرع العلماء يفكرون فى محاكاة تلك الطبقات العاكسة وعملها صناعيا ضمن أعجب مشروع عرفه البشر وهو مشروع (وست فورد) الذى أثار ضجة عظمى فى صفوف علماء الفلك المعاصرين والمشتغلين برصد معالم الكون البعيد من سدم ونجوم واجرام .

ويتضمن هذا المشروع بث إبر رفيعة شعرية ذات قطبين



شكل (١٧) ارتداد أمواج الأثير من الطبقة ف .

فى مدار قطبي من حول الأرض بوساطة الأقمار الصناعية ، وذلك من أجل دراسة خصائص هذا الحزام كمرآة عاكسة لأمواج اللاسلكى وخاصة عند استخدامها فى المواصلات اللاسلكية بعيدة المدى) .

ولقد استعمل القمر الطبيعى خلال فترة من الزمان كمرآة عاكسة لهذه الموجات ، ثم استعملت الأقمار الصناعية فى فجر عصر الفضاء وذلك على هيئة بالونات (هى بالونات الصدى كما تعرف علميا ، إلا أن مثل هذه البالونات كانت كثيرا ماتفقد مزاياها وخصائصها لتجعدها وتغير معالم سطحها بعد مرور فترة من الزمن تحت تاثير الإشعاع الشمسى الوفير فى تلك الأرجاء العليا من جو الأرض .

ويبلغ طول الإبرة ١٫٧٧ سنتيمترا ، وقطرها ٠٫٠٠٢٨ سنتيمترا . ولا يربو الوزن الكلى لجميع الإبر التى ثبتت على ٣٥ كيلو جراما ؛ أما عددها فهو نحو ٣٥٠ مليونا . ويتم نشرها بعد فترة زمنية لاتتجاوز شهرين داخل الحزام العاكس الدائرى الشكل ، وذلك بمعدل ٢١ ابرة لكل كيلو متر مكعب من هذا الحزام الذى يوجد على ارتفاع نحو ٣٧٠٠ كيلومتر من سطح الأرض ، ويبلغ عرضه زهاء ٨ كيلومترات وعمقه نحو ٤٠ كيلومترا . ولهذا الحزام الإبرى نوع من الرنين

يبلغ تردده ٨٠٠٠ ميجاسيكل فى الثانية — اى أن طول الموجة الرنينية هو ٤ سنتيمترات .

وبطبيعة الحال ليس لغلاف الأرض الجوى أى تأثير على الإبر التى على مثل هذا الارتفاع . ولكن ليس من شك أن ضغط الإشعاع الشمسى الوفير فى تلك الأرجاء من الفضاء سوف يؤثر على الإبر داخل الحزام . وبهذا نجد أن الحزام الدائرى أصلا يتحول ، تدريجيا إلى قطع ناقص وبذلك تقترب رأس المدار رويدا رويدا من غلاف الأرض الجوى ذى الكثافة العالية ، مما يؤدى إلى احتراق الإبر من تلقاء نفسها .

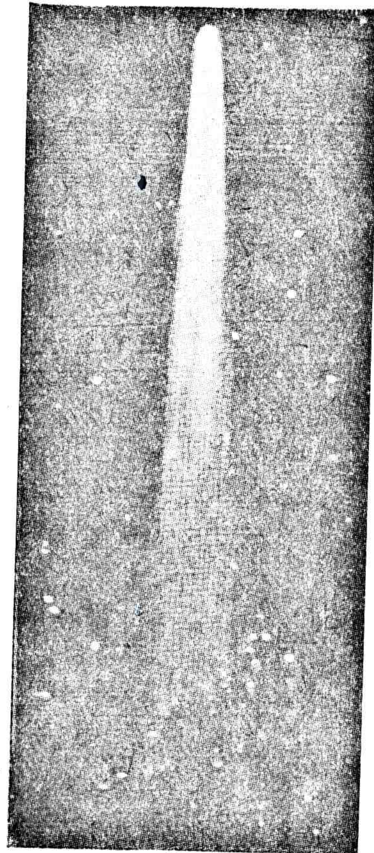
وينحصر الغرض الأول من التجربة فى التعرف على مدى صلاحية هذه الإبر الشعرية وتحديد قدرتها على عكس الموجات اللاسلكية المنبعثة من محطات أرضية ، وبذلك تحدد فائدتها فى اعمال المواصلات بعيدة المدى ، كما تحدد الفترة الزمنية لحياتها الفعالة وحياتها العامة قبل احتراقها واندثار معالمها فى جو الأرض .

والمعتقد علمياً أن ضغط الإشعاع الشمسى على مدار الأقمار الصناعية او الإبر هو من نوع الضغط الذى يؤدى إلى انتشار ذيل المذنب فى السماء عندما يقترب من الشمس ، إذ يأخذ

الذيل الاتجاه المضاد للشمس، كما يتلاشى تماما عندما يبتعد المذنب عن الشمس سابحا فى أعماق الفضاء حيث يكاد يتلاشى ضغط الأشعة الكونية وما ترسله الشمس . ويبين شكل (١٨) مذنب هالى عند اقترابه الأخير من الشمس والأرض .

ولو أننا فرضنا أن مجموعة من الإبر تسبح حول الأرض فى مدار دائرى فى ابتداء المرحلة وأن ضغط أشعة الشمس عليها هو فى اتجاه دوران الحزام فإن ذلك يؤدى إلى زيادة سرعة الدوران ، ومن ثم زيادة نصف قطر المحور الأعظم الأصلى . أما إذا تساقطت الأشعة فى الاتجاه المضاد للدوران فإن السرعة تقل وكذلك يتناقص نصف القطر الأصلى . وفى النهاية يتحول المدار الدائرى إلى قطع ناقص وتقترب نقطة الرأس من الغلاف الجوى السميك ويتم احتراق الإبر بالاحتكاك . وترتبط حياة الإبر إذن بمدى الارتفاع الذى يتم عليه بثها فى الفضاء وكذلك زاوية الميل للحزام ونسبة مساحة مقطع الحزام إلى الكتلة المبثوثة فيه .

ويدور الغرض الأساسى من التجربة حول التأكد من أن النتائج التطبيقية تتفق مع التقديرات والحسابات الرياضية لكافة هذه العمليات ، علما بأن هناك تعقيدات عديدة رياضية



(شكل ١٨) مذنب هالى

مثل دوران الأرض حول الشمس وما يتبع ذلك من ذبذبات في تناقص المحور الأصلي ومثل كتلة الأرض الاستوائية الكبيرة وعدم تمام استدارتها . . . الخ .

ومن المشاريع التي وافقت عليها حديثا أمريكا ، مشروع القمر الذي ينصب على الكشف عن الخصائص الطبيعية للقمر والكواكب والفضاء ، وإطلاق مركبات الفضاء بسرعة تقارب سرعة الإفلات ، حيث يراد منها ان تصل إلى بعد مليون كيلو متر .

والمفروض ان تحمل مركبات الفضاء التي من هذا النوع كبسولة تحتوي على جهاز لقياس الزلازل ، على أن تنفصل هذه الكبسولة من المركبة الرئيسية إثر اقترابها من القمر ، ثم تبطيء سرعتها بوساطة صاروخ صغير تحمله معها ليعمل في الاتجاه المضاد . ويتم هبوط الكبسولة على سطح القمر بسرعة لا تتجاوز ١٧٠ كيلومترا في الساعة . وتقتصر الأرصاد العلمية التي تجمعها السفينة من الفضاء على المجالات والجسيمات المشحونة في الفراغ من حيث درجات تركيزها ومدى طاقاتها ، وكذلك سحب الإيدروجين المنعقدة حول الأرض في الفضاء (الهالة الأرضية) ، أما الكبسولة فهي تحتوي على جهاز

قياس الزلازل والضغط ودرجة الحرارة والرطوبة ، وعدة هوائيات ومصادر للقوى والطاقة لأعمال الإذاعة . وقد اتخذت كافة الاحتياطات التى تكفل سلامة وصول هذه الأجهزة وتأديتها وظيفتها على الوجه الأكمل على سطح القمر .

والمفروض أن يعمل جهاز الزلازل لمدة شهر أو شهرين ، وحتى إذا لم يسجل أى نشاط زلزالى يذكر هناك ، فهو سوف يسجل صدمات النيازك والشهب التى تهوى إلى سطح القمر محدثة هزات معينة فى القشرة . ثم يتبع تلك الخطوة إرسال مركبة فضاء مصممة للهبوط اللين على سطح القمر بسرعة تقل عن سرعة الهبوط بالمظلات على سطح الأرض . وسوف تقوم المركبة من تلقاء نفسها بإجراء عمليات التحليل الكيميائى لصخور السطح وتحت السطح هناك ، على أن ترسل النتائج باللاسلكى كما ترسل صور معالم القمر السطحية بالتليفزيون .

وهناك أجهزة عديدة معدة لقياس الإشعاع الشمسى خلال الطبقات السطحية لجو القمر إلى غير ذلك من العناصر . وجدير بالذكر أن هذه القياسات كلها سوف تجرى كذلك فى الزهرة ، وقد صممت لهذا الغرض سفن الفضاء المسماه باسم (ملاح) وذلك لتتمكن من الاقتراب الشديد من سطح كوكب الزهرة

وهى تحمل أجهزة الأرض العلمية من أجل دراسته عبر عشرين مليونا من الأجيال على الأقل . وتتجه النية لدراسة :

١ ــ درجة حرارة سطح الكوكب وتغيراتها خلال اليوم .

٢ ــ الغازات العليا لجو الكوكب .

٣ ــ المجال المغناطيسى للكوكب ومعرفة ما إذا كانت توجد من حوله أحزمة على غرار احزمة فان آلين التى توجد حول الأرض .

٤ ــ الكشف عن معالم الفضاء فى الرحلة كلها من الأرض إلى الزهرة .



السفر إلى المريخ



ليس اهتمام البشر بالسفر إلى المريخ بأقل من اهتمامهم بالسفر إلى القمر أو الزهرة ، ولكن نظراً لأن البعد بين الأرض والمريخ أعظم بكثير من البعد بينهما وبين القمر ، فمن الطبيعي الا يبدأ تنفيذ مشروعات السفر إلى المريخ بصورة جدية إلا إذا أمكن السفر إلى القمر ودرست الزهرة بنجاح .

ولقد استهوى المريخ علماء الفلك ، بل وكتاب القصص ، طوال القرون الثلاثة الماضية ، وازداد اهتمام الناس بأمر هذا الكوكب بصفة خاصة فى اواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين ، بعد أن أعلن بعض علماء الفلك المعروفين امثال شبابا ريللى الإيطالى ، وبيرسيفال لويل الإنجليزى — راجع كتاب المريخ ، سلسلة المكتبة الثقافية رقم (١١) — انهم شاهدوا على سطح المريخ كثيراً من القنوات التى وصفها لويل بأنها ليست من عمل الطبيعة ، بل إنها فى الأرجح من عمل مخلوقات بشرية على درجة من الحضارة تفوق كثيرا حضارة

أهل الأرض . ولكن هذا الرأى صادف معارضة شديدة من جانب بعض العلماء الذين ذهبوا إلى ان القنوات التى تحدث عنها شباباريللى والتى يمكن رؤيتها على سطح المريخ ، ليست إلا شقوقا أو مجارى طبيعية ولا يعقل ان يكون للصناعة دخل فيها ، وذلك لسبب ظاهر وهو أن جو المريخ لا يصلح لنمو أى كائنات حية راقية . وعلى الرغم من ان أصحاب هذا الرأى الأخير كانت حجتهم قوية إلا أن الأمر ما زال محتاجا إلى مزيد من البحث والدراسة (١) .

ومهما يكن من شئ فإن الرأى السائد بين الفلكيين فى الوقت الحاضر ، هو ان هناك بعض التشابه بين الظروف الطبيعية الموجودة على المريخ والظروف الطبيعية الموجودة بوفرة على الأرض ، ولكنه تشابه غير محدود وغير كاف لخلق مظاهر حيوية على المريخ كالمظاهر الحيوية الموجودة على الأرض .

ويذهب بعض علماء الفلك إلى ان هناك نوعا من الحياة النباتية البدائية فى المريخ وأن الغلاف الغازى المحيط بهذا

---

(١) راجع كتاب المريخ من سلسلة المكتبة الثقافية رقم ١١ .

الكوكب يحتوى على قدر يسير من الأكسيجين ولاتوجد به غازات ضارة بحياة الإنسان ، ولكنه على الرغم من ذلك فهو غلاف رقيق وقليل الكثافة بدرجة تجعل ضغطه غير ملائم لحياة الإنسان . ومعنى هذا انه سيكون من الضرورى ان يلبس رجال الفضاء الذين يرسلون للهبوط على سطح المريخ حلل الفراغ التى يكون الضغط (والحرارة وتركيب الهواء) فيها مكيفا تكييفاً خاصا .

ونظرا لأن المريخ ابعد عن الشمس من الأرض ، فإن نصيبه من أشعة الشمس يعادل نحو نصف نصيب الأرض من هذه الأشعة ، ولهذا السبب يكون جوه باردا نسبيا بما يعادل نحو ٣٧ درجة مئوية . أما المياه اللازمة للحياة فمتوفرة على سطح الكوكب .

ويرى كثير من العلماء المشتغلين باسفار الفضاء أنه سوف تنفذ مشروعات السفر إلى المريخ على ثلاث مراحل : ففى المرحلة الأولى ترسل إلى هذا الكوكب سفينة من أجل المرور به عن بعد ، ولا تهبط على سطحه ، وقد تطلق السفينة كبسولة خاصة لأداء هذه العملية ، وتكون مهمتها الأساسية هى دراسة سطحه وتحديد اصلح المواضع للهبوط عليه ، وتركيب

غلافه الجوى وسمكه ، ومدى ملاءمته لحياة الإنسان ، وكل ما يمكن الحصول عليه من معلومات تساعد على تنفيذ المرحلة الثانية ، وهى المرحلة التى ترسل فيها سفينة يكون هدفها الهبوط على احد اقمار المريخ (١) لدراسته دراسة أكثر تفصيلا خلال مدة أطول ، ثم تأتى بعد ذلك المرحلة الثالثة والأخيرة ، وفيها يكون هدف السفينة هو الهبوط على سطح الكوكب نفسه .

وجلى ان تحديد اقرب الطرق التى يمكن أن تسلكها سفينة الفضاء فى رحلتها إلى المريخ ، او إلى أى كوكب آخر ، وكذلك تحديد ميعاد بدء الرحلة وسرعة السفينة تحديدا دقيقا ، هى مشكلة من أهم المشاكل التى يهتم العلماء اهتماما خاصا بحلها فى الوقت الحاضر ، وليس حل مثل هذه المسائل بالأمر الهين ؛ إذ أنه يتطلب خبرة طويلة ودراسة فى غاية الدقة والتفصيل ، فملاحة الفضاء ليست بالأمر اليسير ، ولا يوجد افق معيّن يعين على تحديد الأوضاع ، ولا جاذبية تساعد على تعيين الاتجاه الرأسى ، ولكن تستخدم النجوم وتجمعاتها فى ملاحة الفضاء

---

(١) المعروف أنه يتبع المريخ قمران ظاهران هما فوبوس ودايموس ، راجع كتاب المريخ رقم (١١) من هذه السلسلة .

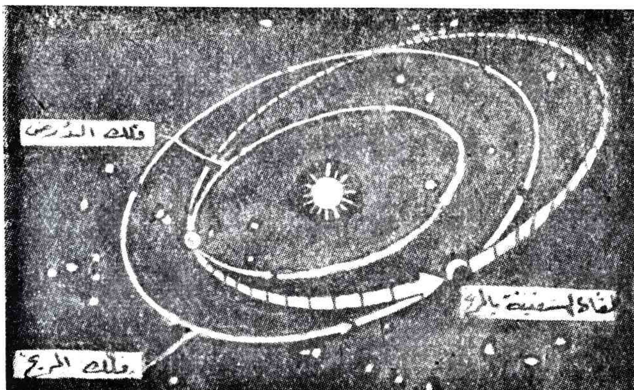
ويستعين بها الملاحون فى خرائطهم رغم أن الفضاء لا يعرف الخطوط المستقيمة .

فمن الحقائق التى ألفناها على الأرض أن الخط المستقيم الواصل بين اى نقطتين هو الذى يمثل أقصر طريق بين هاتين النقطتين ، ولكن مع ذلك فإن هذه الحقيقة لن تفيدنا أو تسعفنا كثيرا عندما نحاول اختيار الطريق الذى يمكن أن تسلكه سفينة الفضاء أثناء سفرها إلى المريخ مثلا ، لأن السفينة تصبح جرما من أجرام السماء ، وتسلك فى سبحها طرقا منحنية من حول الشمس . ونحن نعلل ذلك علميا بقولنا : إن السفينة إنما تقع تحت طائل جذب الشمس التى تتجلى قبضتها فى كافة أرجاء الفضاء الذى تسبح فيه الكواكب السيارة .

وهكذا نرى أن الطريق الطبيعى للسفر إلى الفضاء هى التى تأخذ شكل قوس يمثل نصف قطع ناقص فى الذهاب ونصف قطع ناقص فى الإياب كذلك ، بمعنى أن طريق الذهاب والإياب يمثلان معا شكل قطع ناقص (إهليلج) ، وأن هذا التقوس هو السبيل الوحيد الذى تستطيع السفينة أن تسلكه بقوة دفعها الذاتى بمجرد بلوغها السرعة الأساسية للملاحة الفلكية

الثانية (١١٫٢ كيلومترا فى الثانية) ، ويكون شأنها فى ذلك شأن سائر أجرام السماء .

فعندما يكون المقصود بالرحلة هو الاقتراب من المريخ والمرور به دون الهبوط على سطحه ، فإن خط السفر يمكن أن يصبح كما هو موضح فى شكل (١٩) .



شكل (١٩) طريق السفر إلى المريخ للمرور به فقط

ويجوز فى هذه الرحلة أن تنطلق السفينة من محطة الفضاء او من سطح الأرض رأسا ، إلا ان الأفضل بطبيعة الحال هو ان تنطلق من محطة الفضاء ؛ لأن ذلك يوفر مقادير كبيرة من

الطاقة والوقود اللازمين لاختراق الغلاف الغازى والتخلص من الجاذبية الأرضية التى تتزايد كما هو معروف كلما اقتربنا من سطح الأرض. فمن المقدر مثلا ان كمية الوقود التى تحتاجها سفينة صغيرة إذا ما اطلقت من محطة الفضاء هى نحو ٢٠ طنا فقط، بينما هى تحتاج إلى ما يربو على ٢١٥ طنا إذا ما اطلقت من سطح الارض.

أما من حيث تحديد موعد بدء الرحلة فالمفروض هو أن أحسن لحظة لانطلاق السفينة من محطة الفضاء هى اللحظة التى يكون فيها مركز الأرض ومركز الشمس والمحطة نفسها على خط مستقيم، لأن الاتجاه الذى تنطلق فيه السفينة سيكون عندئذ متفقا مع الاتجاه الذى تسبح فيه المحطة، مما يساعد السفينة على أن تكتسب تلقائيا سرعة دوران هذه المحطة فى فلكها حول الأرض. وبطبيعة الحال يجب أن تنطلق السفينة فى الوقت الذى يكون فيه المريخ فى وضع خاص بالنسبة للأرض حتى يمكن أن تلتقى به السفينة فى اللحظة والمكان المحددين.

وعندما تدنو مركبة الفضاء من المريخ فى الوقت والمكان المحددين تمر به مر الكرام ثم تواصل بعد ذلك اندفاعها فى الفضاء مبتعدة عنه، ومع ذلك فسوف تتاح لملاحى السفينة

فرصة تصوير كل أجزاء سطح المريخ ، وذلك بسبب دورانه حول محوره على كثب من مركبة الفضاء التى تـكون سرعتها قد تباطأت كثيرا . وبعد مضى نحو سنة كاملة من تاريخ بدء الرحلة تـكون المركبة قد بلغت أبعد نقط مسارها فى الفضاء ، كما تـكون سرعتها قد وصلت أدنى قيمة لها ، فتعود قافلة نحو الأرض ، وتتزايد سرعتها من جديد تلقائيا حتى تدخل فلك المريخ وتعبره مرة ثانية ، إلا أنها لا تلتقى هذه المرة بالـكوكب نفسه . وتستغرق السفينة فى رحلة إيابها إلى الأرض عاما كاملا أيضا . ومعنى ذلك أن مثل هذه الرحلة بأ كملها سوف تستغرق فى الذهاب والأياب معا سنتين كاملتين .

وفى المرحلة الثانية من مراحل الوصول إلى الـكوكب يحاول رجال الفضاء الهبوط بالسفينة على قمر من توابعه ، مثل فوبوس الذى يبعد عنه بنحو ٩ آلاف كيلومتر ، وعند ذلك يتاح للملاحين فرصة دراسـة المريخ دراسة وافية خلال فترة طويلة .

والأسباب الرئيسية فى محاولة الهبوط على قمر من أقمار الـكوكب دون الهبوط على المريخ نفسه فى هذه المرحلة هى :

١ — صغر حجم تلك التوابع ، مما يجعل قوة جذبها صغيرة

بدرجة تسهل عمليات الهبوط والصعود .

٢ — استكمال جمع المعلومات اللازمة عن المريخ .

٣ — تدعو حجوم أقمار المريخ الصغيرة — إلى الاعتقاد بأنها محطات فضاء كبيرة من صنع أهل المريخ !

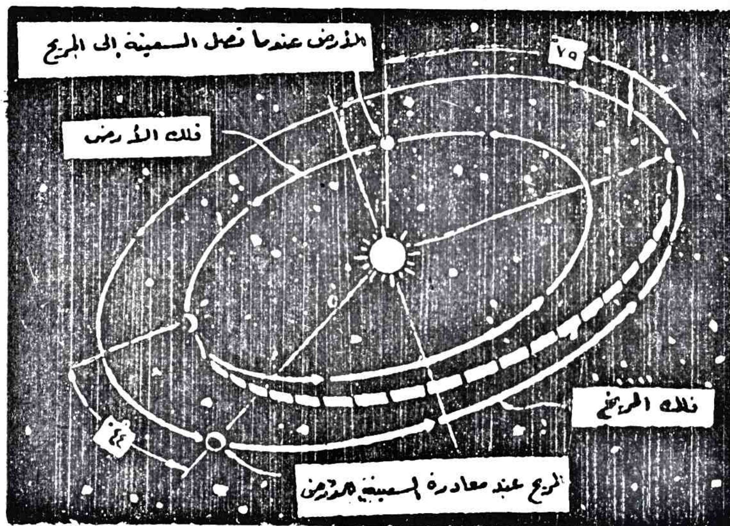
وإذا ما تمت جميع هذه الخطوات بنجاح — الرحلة التى تمر فيها السفينة بهذا الكوكب لتدرسه وتستطلع ظروفه ، ثم الرحلة التى تهبط فيها السفينة على أحد توابعه — فإن أهل الأرض يسرعون فى إعداد العدة للقيام بالرحلة الثالثة وهى الرحلة التى يكون هدف السفينة فيها هو الهبوط على سطح المريخ نفسه .

ويبين شكل (٢٠) الطريق التى تسلكها سفينة الفضاء فى هذه الحالة وهى لا تختلف فى نظريتها الأساسية عن تلك التى وصفناها فى الرحلة الأولى ، ولكن مع ذلك فإن الرحلة على طول هذا الطريق تتطلب توقيتا مختلفا عن التوقيت الذى تتطلبه الرحلة الأولى ، كما انه يعوزها سرعة اخرى يجب ان تبدأ بها السفينة عند انطلاقها من سطح الأرض .

والأساس فى هذه الرحلة هو ان تنطلق سفينة الفضاء من الأرض بسرعة تكفى لتمكينها من الاندفاع على طول قوس يمثل نصف قطع ناقص ، بشرط أن يكون الأوج ، واقعا

على فلك المريخ نفسه ، ولا تقل هذه السرعة عن ١١ر٦ كيلو مترا فى الثانية عند بدء الرحلة .

والمفروض أن تتفق اللحظة التى تصل فيها السفينة إلى الأوج. مع اللحظة التى يكون فيها المريخ قد وصل قرب النقطة أثناء دورانه فى فلكه ، حتى يمكن تقابلهما ، على أن ترتيب الرحلة على هذا النمط يحتاج إلى عمليات حسابية دقيقة يراعى فيها موقع



شكل (٢٠) يمثل السفر إلى المريخ للهبوط على سطحه

المريخ بالنسبة للأرض فى اللحظة التى تنطلق فيها سفينة الفضاء من الأرض ، كما تراعى فيها سرعة دوران كل من الأرض والمريخ فى فلكيهما بكل دقة . وهناك حالة واحدة يكون فيها الكوكبان فى وضع ملائم لهذا الغرض ، وهو الوضع المبين فى شكل (٢٠) وهو يحدث مرة كل ٧٨٠ يوما على التقريب . وتستغرق الرحلة ذهابا نحو ٢٥٩ يوما تستطيع السفينة ان تهبط فى نهايتها على سطح المريخ .

وتظهر مشكلة الوضع الفلكى الملائم لكل من الأرض والمريخ مرة اخرى عندما يفكر ملاحو السفينة فى العودة إلى الأرض ، لأنهم لن يستطيعوا العودة على نفس الطريق إلا إذا اصبح المريخ والأرض فى وضع ملائم لهذا الغرض .

والعيب الرئيسى فى هذا الاقتراح الأخير هو طول المدة التى تلزم للسفر ، ولذلك فإن العلماء يوالون البحث لتعديله بزيادة السرعة التى تنطلق بها السفينة من الأرض لكى تندفع على طول قوس منفرج بدلا من اندفاعها على طول قوس إهليلجى ، ويمكن أن يتحقق هذا إذا ما زادت سرعة الانطلاق من ١١٫٦ كيلومترا فى الثانية زيادة طفيفة . وفى هذه

الحالة تنقص المدة اللازمة للسفر إلى المريخ من ٢٥٩ يوما إلى ٧٠ يوما فقط .

وكما قدمنا هنالك خطط مرسومة للكشف عن معالم الزهرة وهى اقرب الكواكب السيارة إلى الأرض ، إذ ان البعد بين فلكيهما هو ٢٧٧ر٠ وحدة فلكية فقط . وفضلا عن ذلك فإن التشابه بين الأرض والزهرة كبير : فهما متقاربان جدا من حيث الحجم ، ولو أن الأرض أكبر قليلا من الزهرة ، كما ان الزهرة تشبه الأرض فى كونها محاطة بغلاف غازى سميك ، إلا ان الغلاف الغازى للزهرة يختلف عن الغلاف الغازى للأرض فى تركيبه ، ويقال إن فيه الأوكسيجين .

وقد شوهدت فى جو الزهرة تجمعات من السحب التى كان يظن فى بادىء الأمر أنها مكونة من نقط من الماء كما هى الحال فى السحب التى تثار فى جو الأرض ، ولكن تبين أنها ليست كذلك .

والزهرة هى اعظم الكواكب التى تشاهدها لمعانا فى الأفق ، ويمكننا ان نميزها بسهولة عن غيرها من النجوم والكواكب إذا نظرنا إلى الأفق الغربى بعد غروب الشمس مباشرة ، والسبب فى لمعانها هذا هو قربها من الشمس اولا ، ثم طبيعة

تكوين غلافها الذى تنعكس منه الأشعة بسهولة ثانيا . وجوها على أية حال أشد حرارة بكثير من جو الأرض .

والرحلة إلى الزهرة تلزمها كذلك عمليات حسابية وقياسات فلكية دقيقة ، يراعى فيها موقع الأرض بالنسبة للزهرة عند انطلاق سفينة الفضاء ، كما تراعى فيها سرعة دوران الكوكبين ، وسرعة حركتهما فى فلكيهما . اما المدة التى تستغرقها الرحلة فيحددها نفس العاملين اللذين يحددان المدة اللازمة لإتمام الرحلة إلى المريخ ، وهما السرعة التى تنطلق بها السفينة من الأرض ، ثم خط السير الذى تأخذه هذه السفينة عند اندفاعها فى الفضاء بقوة دفعها الذاتية ، مع ملاحظة أن خط السير هذا سيأخذ شكل نصف قطع ناقص ، وذلك على فرض أن السفينة ستنطلق من الأرض بسرعة ١١٫٥ كم / ثانية . ويقدر أن رحلة الزهرة تستغرق على هذا الأساس ١٤٦ يوما للذهاب ، وهو وقت أقل مما تستغرقه رحلة المريخ . والمفروض ان الهبوط على سطح الزهرة سيكون أسهل من الهبوط على سطح القمر أو المريخ ، لأن سمك الغلاف الغازى المحيط بها وارتفاع ضغطه يساعد على تخفيف سرعة السفينة عند هبوطها هناك .

عندما نتعرض لبعض التفاصيل

الفضاء بطبيعته مظلم حالك الظلمة ، والذى نراه منيرا حولنا خلال النهار هو فى الحقيقة جو الأرض فقط ، إلى علو بضعة مئات من الكيلومترات ، وعلة هذه الإنارة تشتت ضوء الشمس أو تناثره أثناء اختراقه هواء الأرض وبالتشتت هذا ترسل بعض الأشعة الضوئية المقبلة من الشمس فى كل اتجاه .

أما القبة الزرقاء التى تبدو واضحة فوق الرؤوس أثناء النهار فهى لا وجود لها ، ولا تعدو كونها إحدى ظواهر الضوء التى تحدث فى جو الأرض عندما تتشتت فيه أشعة الشمس كما ذكرنا تماما ، كما تتناثر أمواج البحر الصغير على الصخور التى قرب الشاطىء وترتد فى كل اتجاه . ويحدث تشتت الضوء بوساطة جزئيات غازات الجو وبخار الماء العالق فيه، وكذلك الجسيمات الصلبة الصغيرة التى تحملها تيارات الهواء المختلفة والمعروف أيضا أن ظاهرة التشتت هذه لا تكتمل إلا للموجات التى أطوالها أصغر ما يمكن فى حزمة الإشعاعات كلها التى ترسلها إلى الشمس كما أن كمية الطاقة التى تتناثر تتناسب تناسبا عكسيا مع الأس

الرابع لطول الموجة المتناثرة ، بحيث أنه إذا تناثرت مثلا الموجتان الاثنان طول الأولى منهما ٦ر٠ ميكرون[1] وطول الثانية ٥ر٠ ميكرون ، تكون نسبة الطاقة المتناثرة فى الحالة الثانية إلى الطاقة المتناثرة فى الحالة الأولى هى :

$$\frac{٦ \times ٦ \times ٦ \times ٦}{٥ \times ٥ \times ٥ \times ٥} = \frac{١٢٩٦}{٦٢٥} = \frac{٢}{١٠}$$ على وجه التقريب

ولما كانت الموجات الزرقاء (أو موجات اللون الأزرق) فى حزمة الإشعاع الشمسى هى أغزر الطاقات التى ترسلها الشمس تبعا لطبيعة جوها ودرجة حرارة سطحها الخارجى البالغ نحو ٦٠٠٠ درجة سنتجراد ، كما أن هذه الموجات الزرقاء من أصغر امواج الضوء طولا ، فإنها بمجرد دخولها جو الأرض تتشتت فى جميع أركانه وتغمره بكميات وفيرة من اللون الأزرق ، بحيث يبدو الجو كقبة زرقاء من فوق رؤوسنا رغم أنه لاوجود لهذه القبة فى صورة جسم مادى أو سماء صلبة كما يتصور الكثير من الناس ، ولا تعدو حقيقة هذه القبة الظاهرة الضوئية التى وصفناها على النحو السابق .

(١) الميكرون وحدة لقياس الأطوال الصغيرة وتساوى جزء من عشرة آلاف جزء من السنتيمتر .

ولا يحتاج المشتغلون بالطبيعة الجوية إلى برهان او دليل جديد للوصول إلى تلك الحقيقة ، إلا أننا نستطيع أن نسوق للقارىء أمثلة تساعده على فهم ما نقول :

١ — يمكن أن تتحول القبة الزرقاء إلى قبة حمراء أو صفراء مثلا عندما تتناثر الأضواء الحمراء أو الصفراء التى ترسلها الشمس ضمن حزمة إشعاعاتها بدرجة أكبر وذلك تحت تأثير انتشار ذرات من الغبار الكبير الحجم نسبيا أو نقط من الماء النامية فى طبقات الجو السفلى ، وهذا هو عين ما يحدث فى حالات عواصف التراب أو الرمال أو عندما تنظر إلى الأفق ساعة الشروق او الغروب وقد انتشرت حوله سحب منخفضة غير كثيفة .

٢ — إن مصدر إنارة جو الأرض نفسه (أو السماء) أثناء النهار هى الأشعة المشتتة أو المتناثرة فى كل اتجاه فى الهواء وأقرب دليل على ذلك أنك إذا فتحت نافذة غرفة لا تواجه الشمس مطلقا (واجهتها شمالية) فإنه ليس من شك أن هذه النافذة التى لا تدخل منها أشعة الشمس المباشرة يمكن أن تضىء الغرفة وتغمرها بنور النهار ، فمن أين جاء هذا النور وكيف

دخل ؟ والجواب على ذلك فى غاية البساطة : إنها الأشعة المتناثرة فى كل اتجاه .

٣ — إذا صعدنا إلى اعالى الجو ثم خرجنا عن نطاق الغلاف الهوائى (على بعد نحو ٣٠٠ كيلومتر من سطح الأرض) تبدو القبة الزرقاء من تحت ، وتظهر النجوم فى السماء من جديد فى وضح النهار ! وفى نفس الوقت يبدو الفضاء الفسيح معتما ، وتلمع النجوم وتسطع بين ثناياه ، أما الشمس فترى بارزة وتخز أشعتها الأجسام وخز الإبر ، وقد يسمع شهيقها بالأجهزة نتيجة الأعاصير الجبارة التى تجتاح جوها الخارجى ، كما يمكن تسجيله بآلات خاصة على سطح الأرض .

وتنقلنا ظلمة الفضاء إلى مسألة رؤية الأشياء فيه ، فهذه مسألة ليس من السهل تحديد ظروفها تماما وتتوقف هذه الظروف على عدة عوامل أهمها :

١ — الصفات الطبيعية للجسم المرئى ، مثل حجمه وشكله ولون سطحه ودرجة لمعان هذا السطح .

٢ — المسافة بين الجسم المرئى والعين .

٣ — طبيعة الأجسام التى من خلف الجسم .

٤ — حدة النظر وقوة تكبير العدسات المستخدمة .

٥ — ما قد يتواجد فى الفضاء من أجسام ، وخاصة ما كان له ميزة المقدرة على امتصاص الأشعة أو ردها أو تشتيتها .

٦ — الحركة النسبية بين الجسم والإنسان .

وليس من اليسير تقدير أثر هذه العوامل مجتمعة دفعة واحدة ، ولهذا يؤخذ فى الاعتبار دائما تقدير حالات معينة يسهل التكهن بأمرها .

وثمة مسألة أخرى هامة هى التحكم فى توجيه السفن الفضائية ومركباتها . والمعروف على أية حال أنه خلال جو الأرض يمكن إتمام عمليات التوجيه بوساطة الأجنحة والزعانف حيثما تتوفر مقاومة الهواء ، كما يمكن استخدام المحركات الصاروخية لتعمل فى اتجاه معين بانبثاق الغازات من فتحات خاصة ، ويدخل فى تقدير هذه العمليات كلها شكل السفينة أو الصاروخ الخارجى .

أما فى الفضاء فإن هذه المسألة إنما ترتبط تماما بالسرعة ، إذ أن لكل مسار تسلكه السفينة سرعة معينة ، ولكى تخرج إلى مسار آخر يجب تغيير السرعة بما يلائم السبح فى هذا المسار الجديد . وهكذا نرى أن المسألة ليست مجرد تحريك دفة أو جناح او إتاحة الفرصة لمحرك صاروخ ليعمل فى اتجاه معين .

وعادة تتم عمليات التوجيه إما فى ابتداء المرحلة أو فى

أواسطها ، أو حتى قرب النهاية . والذى يحدث غالبا فى القذائف الموجهة أن يتم التوجيه السليم فى ابتداء المرحلة أثناء عمل المحركات الصاروخية ، وذلك بعد تقدير العوامل التى تتحكم فى خط السير وإدخالها فى الحساب خصوصا الاختلافات المحلية التى تطرأ على الجو القياسى الذى سبق ذكره . وتستغل عمليات التوجيه الابتدائى هذه فى إرسال الأقمار الصناعية . أما فى أسفار الفضاء وارسال الكواكب الصناعية فإنه لا مناص من التوجيه فى اواسط الرحلات أو نهايتها .

ويتم إنجاز التوجيه فى أواسط أى رحلة طويلة بتغيير السرعة ، وذلك بوساطة إشارات لاسلكية ترسل من الأرض عندما تكون السفينة غير بعيدة بعداً كبيراً ، وعندما تخرج السفينة إلى أعماق الفضاء يتم جانب من هذا التوجيه كذلك بطريقة ذاتية باستخدام أجهزة خاصة فى السفينة نفسها . ويعتمد هذا التوجيه على رصد نجم معين أو حتى كوكب بالذات من داخل السفينة بعد فترة معروفة من لحظة إقلاعها . وليس من شك أنه عندما تحمل سفن الفضاء بشرا داخلها سوف يقوم ربابنتها بهذه المهام كلها ، على أن يتموا حسابها بسرعة فائقة

بوساطة الآلات الالكترونية ، ويغيرون السرعة كيفما ارادوا لتلائم المسار المطلوب .

وقد تبع بزوغ عصر الفضاء تقدم علوم كثيرة ، وعلى رأسها الطبيعة الجوية والأرصاد وفن التنبؤ الجوى . ويتعاون العالم بأسره فى جمع المعلومات وأخذ الأرصاد الخاصة بغلاف الأرض الهوائى ، كما تتبادل الدول هذه المعلومات كلها عن طريق إذاعتها بوساطة اللاسلكى على شفرات دولية خاصة فى ساعات معينة كل يوم ، إلا أن هناك مساحات واسعة من كوكبنا قلما تجمع منها المعلومات أو تؤخذ فيها الأرصاد المطلوبة . وذلك إما لخلوها من الناس كما هو الحال فى القطبين أو المحيطات أو لعدم الاهتمام بأمرها كما هو الحال فى الصحارى المترامية الأطراف ، إلا فيما ندر من سفن عابرة أو محطات عرضية . ولهذا كان طبيعياً فى مستهل عصر الفضاء أن تنبت فكرة استخدام الأقمار الصناعية (١) فى رصد بعض عناصر

---

(١) تطلق بعض الدول صواريخ الرصد الجوى كذلك وهى تتطلب أموالا وفيرة ، تكاد فائدتها تنحصر على ميدان العمل الجماعى بين أمم الأرض ، إلا أنها محدودة الفائدة المحلية ، ولا يوجد ما يدعونا إلى الاهتمام بها هنا .

الجو أو تصويرها . وهنا يتسائل فريق من العلماء ؟

١ — ماهى حدود استخدام الأقمار الصناعية فى هذا الحقل؟

٢ — ما هى قيمة المعلومات الجوية التى يمكن جمعها بهذه الأقمار ؟ .

٣ — ما مدى التقدم العلمى المنتظر باستخدام أرصادها ؟ .

٤ — ما هى الآفاق التي يمكن أن تتفتح فى ضوء هذه الأرصاد ؟ .

٥ — هل يمكن مثلا استغلال أرصاد الأقمار الصناعية فى عمليات التنبؤ الجوى بصفة مباشرة ؟ .

من المقرر أن استخدام الأقمار الصناعية فى هذا الميدان يزيد من مساحة العالم التى نجمع منها المعلومات ، كما أن هذه المعلومات يتم أخذها فى وقت قصير ، ولكننا يجب أن نذكر دائما أنها تجمع بطريقة ضوئية ، أى بتصوير ظواهر الجو ، وعلى رأسها تجمعات السحاب ، كما حدث خلال السنة العالمية لطبيعيات الأرض . أما الأرصاد المبنية على قراءات فصلية مثل الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة .. إلخ فلا سبيل إلى أخذها ، ويمكن أن تقدر بالتخمين فى الطبقات التى تثار فيها السحب ، ومهما يكن من شىء فربما تستحدث طريقة اخرى يستغل فيها

رصد الطيف الحرارى المنبعث من الأرض وجوها وما عليها من أجسام ، لأن مجرد تصوير السحاب لا يكفى لتكوين صورة واضحة عن الجو السائد ، رغم أنه بعد فترة من الزمان عندما نستغل معلوماتنا النظرية وخبرتنا العملية بأرصاد الأقمار الصناعية يمكن أن تعيننا التسجيلات الدقيقة لخرائط السحب وتجمعاتها على تفهم لغة تلك التجمعات ، ومن ثم تصوير ما يحدث من نشاط جوى فى كافة بقاع الأرض ، وإكمال الصورة التى يراد إكمالها فى أى وقت .

ولقد ثبت أن درجة لمعان السحب تصل إلى نحو ضعف درجة لمعان سطح الأرض مرتين ، إلا فى حالات الثلج أو سطح المياه التى تتساقط عليها اشعة الشمس بميل كبير ، كما أن سرعة تحرك الأقمار تلعب دورها فى عمليات التصوير والتحليل وتعيننا أرصاد السحب التى تجمعها الأقمار وتساعدنا على :—

١ — عمل صورة كاملة لجهاز الأرض الجوى داخل إطار واحد .

٢ — تقدير اتجاه الرياح .

٣ — التصرف على طبيعة الأجواء السائدة ، (ومن ثم توزيع الضغط الجوى) قبل أو بعد انواع معينة من السحب ، ويمكننا أن نربط هذه التوزيعات باتجاه الرياح الموجودة فى كل حالة .

٤ — لما كانت السحب الركامية تمتد من علو نحو ٢٠٠ متر إلى علو نحو ٢٠ كيلومترا داخل طبقة التروبوسفير والستراتوسفير، فإن انحدار قمها التدريجي يعين فى عمليات التعرف على كيفية تغير الرياح مع الارتفاع

٥ — يمكن الاستفادة من ظاهرة إثارة السحب الركامية على سفوح الجبال.

٦ — يمكن التعرف على اتجاه الرياح فى الطبقات القريبة من سطح الأرض كذلك عن طريق رصد تلوث الهواء أو الأتربة العالقة به.

٧ — يمكن تكوين صورة لا بأس بها عن درجات الحرارة عن طريق متوسطات الجو القياسى بالإضافة إلى ماندخله فى الحساب بعد التعرف على كتل الهواء التى تمتاز بأنواع معينة من السحب المرصودة.

والحق أن كثيرا من أمثال تفاصيل هذه الميادين التى أثيرت فى عصر الفضاء هى مسائل علمية معقدة او جافة كما يلمس القارىء، وهى على أية حال إنما تتطلب المزيد من البحث والدراسة مما يحملنا على عدم الاسترسال او حتى عدم الخوض فيها اكثر من ذلك.